**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Будівельно-технологічний

(факультет)

Товарознавства та комерційної діяльності в будівництві

(назва випускової кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**
**ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

на тему:

# «Формування споживчих властивостей та оцінка конкурентоспроможності інноваційних екологічних стінових матеріалів»

Лялін Євгеній Олександрович

(прізвище, ім’я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Будівельно-технологічний

(факультет)

Товарознавства та комерційної діяльності в будівництві

(назва кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Захарченко Петро Володимирович

«___» _____2025 року

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

## «Формування споживчих властивостей та оцінка конкурентоспроможності інноваційних екологічних стінових матеріалів»

*Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.*

Здобувач Лялін Євгеній Олександрович

Спеціальність 076 «Підприємництво і торгівля»

ОП «Товарознавство і комерційна діяльність»

Група ТКДм-24

Керівник Огороднік Ірина Владиславовна кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та комерційної діяльності в будівництві.

Рецензент_____

*Ідентичність підтверджую*

**Київ 2025 р**.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: _____

Випускова кафедра:_____

Ступінь вищої освіти: _____

Спеціальність: _____

Освітня програма:_____

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри,

К-т техн. н., проф. Захарченко П. В.

«_____»_____2025 р

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ**

**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

_____

1. Тема роботи _____

_____

затверджена наказом ректора КНУБА № __ від «__»_____20___року

2. Керівник роботи _____

3. Строк подання студентом роботи до захисту_____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1._____

Р. 2._____

Р. 3._____

Р. 4._____

Р. 5._____

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1._____

Р. 2._____

Р. 3._____

Р. 4._____

Р. 5._____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Перевірив | |
|---|---|---|---|
| | | дата | підпис |
| Розділ 1 | | | |
| Розділ 2 | | | |
| Розділ 3 | | | |
| Розділ 4 | | | |
| Розділ 5 | | | |

7. Календарний план виконання роботи:

| Види робіт та їх зміст | Дата виконання |
|---|---|
| Розділ 1 | |
| Розділ 2 | |
| Розділ 3 | |
| Розділ 4 | |
| Розділ 5 | |
| Остаточне оформлення роботи | |
| Направлення роботи для перевірки на плагіат | |
| Попередній захист роботи | |
| Направлення роботи на рецензування | |

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ _____

Здобувач _____ _____

| | | | |
|---|---|---|---|
| РЕЗЮМЕ (SUMMARY)<br>*до кваліфікаційної випускової роботи здобувача* | Лялін Євгеній Олександрович<br><br>Yevgeny Lialin | | |
| ЗВО | Київський національний університет будівництва і архітектури | | |
| Тема *(українською та англійською)* | Формування споживчих властивостей та оцінка конкурентоспроможності інноваційних екологічних стінових матеріалів<br>Formation of consumer properties and assessment of competitiveness of innovative ecological wall materials | | |
| Освітній ступінь | магістр | | |
| Факультет | будівельно-технологічний | | |
| Випускова кафедра | товарознавства та комерційної діяльності в будівництві | | |
| Спеціальність | 076 «Підприємництво і торгівля» | | |
| Освітня програма | «Товарознавство і комерційна діяльність» | | |
| Керівник | канд. техн. наук., доцент Огороднік І.В. | | |
| Обсяг роботи: | *Пояснювальна записка, стор.* | *Розділів* | *Презентація, кількість слайдів* |
| | 90 | 5 | 30 |
| Розділ 1 | Інноваційні будівельні матеріали та напрямки їх використання | | |
| Розділ 2 | Організація і методологія досліджень інноваційних стінових матеріалів | | |
| Розділ 3 | Формування споживчих властивостей інноваційних стінових матеріалів | | |
| Розділ 4 | Оцінка конкурентоспроможності інноваційних екологічних стінових матеріалів | | |
| Розділ 5 | Охорона праці та життєдіяльності | | |

| | |
|---|---|
| Висновки по роботі | В роботі проаналізувано сучасний ринок інноваційних будівельних матеріалів, розглянуті перспективи їх використання у зеленому будівництві, досліджено процес формування споживчих властивостей екологічних стінових матеріалів на основі глиняної сировини та рослинних домішок.<br>Досліджено спосіб визначення оптимального додавання рослинних матеріалів, конопляного волокна або соломи, враховуючи при цьому основні фактори, яких слід дотримуватися для отримання піщано-глиняної цегли: осьове усадження, відсутність тріщин, об'ємна густина, механічна міцність та теплові характеристики.<br>У роботі розглянуто можливість використання технології типу «технологія зелених будівель», яка вимагає мінімального споживання невідновлюваних природних ресурсів та енергії, дозволяє використовувати місцеві матеріали та рослинні відходи та значною мірою усуває потенційного забруднювача класичного промислового виробництва. |
| Ключові слова:<br><br>Keywords: | Споживчі властивості, екологічні будівельні матеріали, зелене будівництво, рослинні компоненти, властивості глини, саман, теплоізоляційні матеріали, теплопровідність, конкурентоспроможність<br>Consumer properties, eco-friendly building materials, green construction, plant components, clay properties, saman, thermal insulation materials, thermal conductivity, competitiveness |

**ЗМІСТ**

ВСТУП …… 9
РОЗДІЛ 1. ІННОВАЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА НАПРЯМКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ …… 11
1.1. Використання екологічних матеріалів у будівництві …….. 11
1.2. Застосування природних кам’яних матеріалів у будівництві…….. 14
1.3. Сучасні напрямки розвитку виробництва керамічних будівельних матеріалів ……. 16
1.4. Будівельні матеріали на основі глини та рослинних домішок …… 19
1.5. Теплоізоляційні екологічні матеріали ……... 23
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ІННОВАЦІЙНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ …….. 28
2.1. Підготовка зразків будівельних матеріалів для дослідження …… 28
2.2. Підготовка глинистої сировини для дослідження …….. 32
2.2. Методика визначення фізичних властивостей дослідних зразків .. 35
2.3. Методика оцінки конкурентоспроможності стінових матеріалів ….. 39
РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІННОВАЦІЙНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ……... 46
3.1. Визначення якості та ефективності будівельних матеріалів …….. 46
3.2. Матеріали для несучих та огороджувальних конструкцій ……. 47
3.3. Визначення оптимального вмісту глини та рослинної сировини у саманоглиняній цеглині …… 51
3.4. Визначення теплопровідності дослідних зразків інноваційних будівельних матеріалів ……. 63
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ……. 67
4.1. Поняття конкурентоспроможності товару та її складові …… 67
4.2. Ціна в системі ринкових характеристик товарів ……. 70
4.3. Вплив сервісу на конкурентоспроможність продукції підприємства. 72

4.4. Оцінка конкурентоспроможності досліджуваних зразків інноваційних будівельних матеріалів …….. 74
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ СТІНОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ …… 78
5.1. Про специфіку і роль гігієни та безпека праці в будівництві ……. 78
5.2. Особливості роботи на будівництві …….. 79
5.3. Контроль за станом праці на будівництві ……. 80
5.4. Правила на будівельному майданчику ……. 81
ВИСНОВКИ ……... 82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ……... 84

# ВСТУП

**Актуальність роботи**

На сьогоднішній день існує ряд проблем планетарного характеру: екологічних, політичних, економічних та соціальних, що разом сплелися в одну глобальну кризу, котра невпинно наростає і ставить перед людством питання про саме його подальше існування.

Один з головних шляхів відведення загрози – створення нових селітебних систем, що мають відповідати двом основним умовам: життєві потреби людини (енергетичні, харчові, рекреаційні) мають задовольнятися із джерел, максимально наближених до її помешкання, а останнє має якнайповніше відповідати індивідуальним запитам людини (духовним, естетичним, соціально-побутовим).

Сучасні технологічні напрацювання, зокрема у галузях тепличного рослинництва та нетрадиційної енергетики, з одного боку, та звернення до будівельного досвіду наших предків, з другого, дозволяють приступити до вирішення цієї задачі негайно.

Сьогоднішнє міське життя замикає індивіда в кубі «житло-робота- транспорт», котрий критично звужує простір задоволення його фізіологічних, культурних та рекреаційних потреб. Урбаністика все більшою мірою стає джерелом цілої низки життєвих небезпек для людини. Це і не допустимі санітарно-гігієнічні показники міських жител, і загальне забруднення міського середовища (хімічне, акустичне, електромагнітне…), вимушені, психологічно виснажливі контакти з іншими людьми.

Зрештою, сама пособі, концентрація великих мас людей на обмежених площах є небезпечним, марнотратним і тупиковим напрямом, в якому, за інерцією, продовжує рухатися цивілізація.

Доцільність і перспективність повернення до будівництва жител із природних матеріалів обґрунтовується рядом сучасних дослідників.

У працях Мінке Г. [1], Еванса Я., Сміта Дж.М., Смайлі Л. [2], Широкова Є. [3] висвітлюються загальні питання саманного будівництва, у дослідженнях Єременко

Л.К. [4] –перспектива дезурбанізації. Будівництву із солом‘яних блоків присвячені дослідження Мірмана М., Мак Донала С. [5].

***Мета роботи*** – проаналізувати сучасний ринок інноваційних будівельних матеріалів, розглянути перспективи їх використання у зеленому будівництві, дослідити процес формування споживчих властивостей екологічних стінових матеріалів на основі глиняної сировини та рослинних домішок.

***Об’єкт дослідження*** - інноваційні екологічні будівельні матеріали.

***Предмет дослідження*** – процес формування споживчих властивостей інноваційних стінових матеріалів.

***Апробація результатів роботи*** – тези доповіді «Огляд та перспективи використання екологічних будівельних матеріалів» у VI Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку», м. Київ, 10 квітня 2025 р.

# РОЗДІЛ 1
# ІННОВАЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА НАПРЯМКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

## 1.1. Використання екологічних матеріалів у будівництві

Будівельна галузь постійно шукає нові способи використання ресурсів у будівництві, з метою зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Одним з таких способів є використання екологічних матеріалів, які дозволяють забезпечити стійкість будівельних конструкцій та зберегти природні ресурси.

Сьогодні все більше уваги приділяється пошуку екологічних матеріалів, які б не лише мали високу якість та надійність, але й були би природно-дружніми. Використання таких матеріалів в будівництві дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля та зберегти природні ресурси для майбутніх поколінь.

Однією з інноваційних технологій у будівельній галузі є використання екологічних матеріалів, які є більш ефективними та економічними у порівнянні з традиційними матеріалами. Вони дозволяють знизити витрати на будівництво та експлуатацію будівель, а також забезпечити комфортне мікрокліматичне середовище для проживання.

Використання екологічних матеріалів має безліч переваг, які варто враховувати при плануванні будівництва або ремонту, що сприяє збереженню ресурсів та захисту навколишнього середовища, забезпечуючи екологічно чисте та здорове проживання. Крім того, вони є економічно вигідними, оскільки дозволяють знизити витрати на енергію та зберегти кошти на довгостроковій експлуатації будівлі.

У будівництві екологічні матеріали можуть бути використані для стін, підлог, покрівель, ізоляції та інших конструкцій. Вони виробляються з природних ресурсів, таких як дерево, бамбук, цегла, глина, скло та інші. Ці матеріали мають низький вміст шкідливих речовин, що дозволяє знизити ризик виникнення алергічних реакцій та інших проблем зі здоров’ям.

Використання екологічних матеріалів також сприяє підвищенню енергоефективності будівлі. Вони мають високі теплоізоляційні властивості, що

дозволяє знизити витрати на опалення та кондиціонування приміщень. Крім того, такі матеріали дозволяють будівлям “дихати”, забезпечуючи натуральну вентиляцію та регулювання вологості в приміщеннях.

Не менш важливою перевагою використання екологічних матеріалів є їх тривалість та стійкість до зносу. Вони мають високу міцність, що забезпечує довговічність будівельних конструкцій. Крім того, деякі екологічні матеріали мають самозагоюючі властивості, що дозволяє забезпечити вогнестійкість будівлі та зменшити ризик поширення вогню.

Загалом, використання екологічних матеріалів у будівництві має безліч переваг, включаючи екологічну безпеку, економічну вигоду, енергоефективність та тривалість. Ці інноваційні матеріали стають все більш популярними в будівельній галузі, сприяючи створенню екологічно чистих та комфортних приміщень для життя та роботи.

Використання екологічних матеріалів у будівельній галузі є важливим фактором для збереження природних ресурсів та зменшення викидів $CO_2$. Завдяки використанню таких матеріалів, можна досягти ефективного використання ресурсів та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. У галузі будівництва постійно відбуваються інновації, які спрямовані на зменшення споживання природних ресурсів та викидів $CO_2$. Нові технології та матеріали дозволяють будувати екологічно чисті будівлі, які не лише забезпечують комфорт для мешканців, але й зберігають навколишнє середовище.

Використання екологічних матеріалів у будівництві дозволяє ефективно використовувати ресурси природи. Наприклад, використання дерев’яних конструкцій замість бетонних дозволяє зменшити споживання цементу, який є одним з найбільш вуглецевикидних матеріалів. Крім того, використання переробленого металу у будівельних конструкціях дозволяє зменшити споживання природних ресурсів та енергії, яка необхідна для виробництва нового металу.

Однією з інновацій у галузі екологічних матеріалів є використання біополімерів. Ці матеріали виготовляються з відходів рослинного походження та не викликають шкоди довкіллю. Вони можуть бути використані у будівництві для

створення екологічно чистих утеплювачів, покриттів та інших матеріалів, що забезпечують енергоефективність будівель.

У будівельній галузі дедалі більше уваги приділяється створенню здорового та комфортного житлового середовища. Використання екологічних матеріалів у будівництві є одним з ключових аспектів, що дозволяє забезпечити високу якість життя для мешканців. Застосування цих матеріалів дозволяє економити ресурси та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

У сучасному будівництві все більше уваги приділяється використанню природних матеріалів, які не тільки не мають шкідливого впливу на здоров’я мешканців, але й створюють комфортне житлове середовище. Такі матеріали володіють властивостями, які сприяють підтримці оптимальної вологості та температури в приміщенні, а також забезпечують хорошу звукоізоляцію та захист від шкідливого впливу зовнішнього середовища.

Деревина – один з найбільш поширених екологічних матеріалів у будівництві. Вона є відновлюваним джерелом та має низьку екологічну слідку. Деревина добре зберігає тепло, створюючи комфортне мікрокліматичне середовище в будинку.

Цегла – ще один популярний матеріал, який використовується у будівництві. Вона не містить шкідливих речовин і дозволяє створити надійну та міцну конструкцію будівлі.

Натуральні гіпсові плити – це екологічно чисті матеріали, які володіють високою звукоізоляцією та дозволяють створити затишне та комфортне житлове простір.

Використання екологічних матеріалів у будівництві є не тільки екологічно вигідним, але й сприяє створенню здорового та комфортного житлового середовища. Застосування таких матеріалів дозволяє забезпечити енергоефективність будівель, зменшити споживання ресурсів та покращити якість життя мешканців.

У сучасній будівельній галузі використання новітніх технологій є невід’ємною частиною процесу виробництва. Ці технології дозволяють оптимізувати використання ресурсів та матеріалів, забезпечуючи високу ефективність та екологічність у будівництві.

Одним з прикладів використання новітніх технологій є використання сучасних систем управління будівельним процесом. Ці системи дозволяють автоматизувати та оптимізувати роботу на будівельному об’єкті, забезпечуючи більш ефективне використання ресурсів та матеріалів. Такі системи дозволяють забезпечити точність та швидкість виконання робіт, що сприяє зменшенню витрат часу та зниженню впливу на навколишнє середовище. Крім того, використання новітніх технологій у виробництві також передбачає використання інноваційних будівельних матеріалів. Ці матеріали мають властивості, що дозволяють забезпечити оптимальні умови для будівництва, такі як висока теплоізоляція, звукоізоляція та стійкість до впливу зовнішніх факторів.

У галузі будівництва постійно зростає інтерес до використання екологічних матеріалів, що є однією з інноваційних тенденцій. Одним із ключових напрямків розвитку є створення енергоефективних будівель, які дозволяють знизити споживання ресурсів та негативний вплив на навколишнє середовище. Енергоефективні будівлі дозволяють знижувати витрати на опалення та кондиціонування, забезпечувати комфортний мікроклімат у приміщеннях та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, вони сприяють збереженню ресурсів та зменшенню викидів шкідливих речовин.

Розробка енергоефективних будівель є важливим завданням у галузі будівництва, оскільки вона сприяє створенню стійкого та екологічно чистого середовища. Використання екологічних матеріалів та інноваційних технологій дозволяє забезпечити ефективне використання ресурсів та створити комфортне житло для мешканців.

## 1.2. Застосування природних кам’яних матеріалів у будівництві

У сучасній будівельній галузі все більше звертають увагу на використання природних матеріалів. Це стає необхідністю з метою зменшення негативного впливу на довкілля та раціонального використання ресурсів. Використання екологічних будівельних матеріалів стає тенденцією, яка зарекомендувала себе як зручний інструмент для створення енергоефективних, здорових та комфортних приміщень.

У будівництві все частіше використовуються природні матеріали, такі як дерево, цегла, камінь і багато інших. Використання цих матеріалів має безпосередній вплив на здоров’я мешканців та довкілля. Натуральні будівельні матеріали дозволяють створити затишне середовище з низьким рівнем викидів шкідливих речовин і забезпечують збереження енергії. Вони також допомагають зберегти природні ресурси, оскільки виготовлення цих матеріалів вимагає меншої кількості енергії та води порівняно зі штучними аналогами.

Одним з прикладів використання природних матеріалів у будівництві є використання дерева. Дерево є відновлюваним ресурсом, який має властивості самоочищення та здатність поглинати вуглекислий газ. Використання деревини у будівництві дозволяє знизити викиди вуглецю та скоротити використання нетривкого будівельного матеріалу. Крім того, дерево має високу естетичну цінність, що дозволяє створювати унікальний дизайн будівельних конструкцій.

Іншим прикладом є використання каменю. Камінь є природним матеріалом, який має високу міцність та довговічність. Використання каменю у будівництві забезпечує стійкість будівельних конструкцій до атмосферних впливів та механічних навантажень. Камінь також є екологічно чистим матеріалом, оскільки не містить шкідливих речовин і не викидає в атмосферу шкідливі речовини під час експлуатації.

Застосування природних матеріалів у будівництві є не тільки екологічно обґрунтованим, але й естетично привабливим. Вони дозволяють створити комфортне та затишне середовище, яке сприяє здоров’ю та добробуту мешканців. Крім того, використання природних матеріалів сприяє збереженню ресурсів та зменшенню впливу будівництва на навколишнє середовище.

Отже, використання екологічних матеріалів у будівництві має багато переваг. Вони натуральні, безпечні для здоров’я, не містять шкідливих речовин і токсинів. Такі матеріали є енергоефективними, оскільки забезпечують гарну теплоізоляцію, що дозволяє зменшити витрати на опалення і кондиціонування повітря. Крім того, вони є естетичними і довговічними, що дозволяє зберегти естетику будівлі протягом тривалого часу.

## 1.3. Сучасні напрямки розвитку виробництва керамічних будівельних матеріалів

Не зважаючи на складну ситуацію у світі та в Україні, будівництво та архітектура розвиваються з кожним роком, а потреба в екологічно чистих та ефективних матеріалах зростає. Один з напрямків розвитку виробництва керамічних будівельних матеріалів − використання техногенної сировини, що вирішує і екологічні питання. Використання металургійних відходів у виробництві будівельних матеріалів дозволяє створюючи нові матеріали, вивчати їх властивості та поведінку в певних умовах експлуатації. Відходи, що утворюються під час металургійного виробництва, використовуючись в технології виробництва будівельних матеріалів, допомагають зменшити навантаження на навколишнє середовище.

Інтеграція відходів у виробництво дозволяє зменшити залежність від традиційної сировини та сприяє зниженню витрат на матеріали, а також на енергетичні ресурси. Цегла з додаванням шлаків має кращі фізико-механічні властивості, такі як підвищена міцність, термічна стійкість і зменшена усадка, що робить її більш привабливою для будівництва. Зниження витрат на сировину та енергію сприяє зниженню цін на готову продукцію, що робить будівельні матеріали більш конкурентноспроможними.

Один з напрямків використання техногенних сировинних матеріалів − це використання відходів металургійного виробництва. Металургійна промисловість є однією з найбільших галузей, що генерує відходи, які можуть бути використані для виробництва керамічних будівельних матеріалів.

Відходи металургійного виробництва розділяються за наступними типами:

*Шлаки* − відходи, що утворюються під час виробництва сталі та чавуну, і можуть містити оксиди металів, силікати та інші сполуки.

*Металургійний пил* − відходи, що утворюються під час виробництва металу і можуть містити оксиди металів, карбіди та інші сполуки.

*Металургійні шлами* − відходи, що утворюються під час виробництва металу і містять оксиди металів, силікати та інші сполуки.

Шлаки та металургійний пил можуть бути використані як компоненти для виробництва керамічної цегли. Металургійні шлами в якості домішки для виробництва керамічної плитки та керамограніту.

Використання відходів металургійної промисловості, зокрема сталеплавильних шлаків, у виробництві керамічної цегли є інноваційним підходом, який має як наукові, так і практичні цілі.

Використання металургійних відходів у виробництві керамічної цегли дозволяє створювати нові матеріали, вивчати їх властивості та поведінку в певних умовах експлуатації. Завдяки науковим дослідженням можлива оптимізація процесів виробництва, що дозволяє знизити енергетичні витрати та поліпшити якість продукції. Використання відходів допомагає зменшити їх кількість, які утворюються під час металургійного виробництва, що є важливим для збереження навколишнього середовища. Інтеграція відходів у виробництво дозволяє зменшити залежність від традиційної сировини та сприяє зниженню витрат на матеріали. Цегла з додаванням шлаків має кращі фізико-механічні властивості, такі як підвищена міцність, термічна стійкість і зменшена усадка, що робить її більш привабливою для будівництва. Зниження витрат на сировину та енергію сприяє зниженню цін на готову продукцію, що робить будівельні матеріали більш конкурентоспроможними.

Використання відходів металургійного виробництва для виготовлення керамічної цегли є перспективним напрямком, який може принести екологічний та економічний інтерес. Відходи металургійного виробництва, такі як шлаки, золи та інші побічні продукти, являють собою значну кількість відходів, що негативно впливають на довкілля. Використання цих матеріалів у виробництві керамічної цегли, може знизити обсяг відходів і поліпшити екологію. У багатьох країнах активно використовують металургійні відходи як добавку при виробництві керамічних будівельних матеріалів.

Як відомо, металургійні шлаки є продуктом технологічного процесу виплавки металів, які здебільшого не переробляються і відправляються на зберігання у відвали. Під дією факторів зовнішнього середовища опади змивають небезпечні речовини в ґрунт і води. Обсяги технологічних відходів здебільшого відповідають об’єму основного виробництва. Тому щороку утворюється 11-12 млн тонн

металургійних шлаків [6]. І тільки 45,5 % цих шлаків утилізується, більше половини поповнюють відвали виробництва. Відвальні шлаки концентруються у промислових регіонах країни. Наразі в Україні металургійних шлаків накопичилось понад 2 млрд тонн, з площею зайнятості понад 16 тис. га. Шлаки в багатьох розвинених країнах відносяться до вторинної сировини та не мають статусу відходів. Основним споживачем шлаків є будівельна галузь. Також українські шлаки експортують до Італії, Ізраїля та Грузії. Шлаки кольорової металургії містять до 60 % оксидів заліза, кремнію, алюмінію, кальцію, магнію, а також такі коштовні компоненти, як мідь, кобальт, цинк, свинець, кадмій, рідкісні метали. Перспективним напрямком їхнього використання є комплексна переробка, що включає попереднє вилучення кольорових і рідких металів, заліза з наступним використанням силікатного залишку для виробництва будівельних матеріалів аналогічно шлакам чорної металургії.

Швидке накопичення різноманітних промислових відходів через індустріалізацію та урбанізацію не тільки в розвинутих, а й в країнах, що розвиваються, ставить питання про їх утилізацію. Використання та переробка таких відходів в економічний, довговічний та екологічно чистий будівельний матеріал стає найефективнішим засобом зменшення впливу на довкілля. Для виробництва екологічно прийнятних будівельних матеріалів ці відвальні шлаки використовуються як часткова, або і повна заміна заповнювача.

Будівельні матеріали користуються широким попитом, тому у будівельному виробництві можна розглядати різні типи відходів металургійного виробництва для застосування в якості добавок до керамічних мас, які можна використовувати у виробництві керамічної цегли, що сприятиме поліпшенню екологічного стану довкілля та покращенню якості будівельних матеріалів. Тому останнім часом проводиться багато досліджень потенціалу переробки та повторного використання твердих відходів, що надходять з різних джерел.

Дослідження науковцями [7] впливу відходів металургійного виробництва на властивості керамічної цегли виготовленої на основі місцевої легкоплавкої глинистої сировини довели, що при збільшенні кількості добавки відходів металургійного виробництва від 10 до 30 % до легкоплавкої глини, механічна міцність керамічних зразків при стисканні і вигині збільшується, в той час як

водопоглинання зменшується, також додавання відходів металургійного виробництва до досліджуваної глини сприяло зниженню повітряної усадки.

Використання техногенних сировинних матеріалів для виробництва будівельної кераміки – це перспективний напрямок розвитку будівельної індустрії. Використання відходів металургійного виробництва у виробництві керамічної цегли показало як вторинні матеріали можуть бути ефективно інтегровані в будівельну індустрію. Результати дослідження свідчать про те, що такі інновації не лише підвищують якість матеріалів, але й значно знижують їх екологічний слід, що дозволяє економити природні ресурси, зменшити обсяги відходів та отримати екологічно чисті будівельні матеріали.

## 1.4. Будівельні матеріали на основі глини та рослинних домішок

Ідея житла, дружнього до людини та природного оточення, набуває все більшого поширення.

Перша половина 70-х років відзначилася енергетичною кризою, що, разом з загостренням екологічних проблем у світі, дало поштовх пошукам нових інженерних рішень у галузі енергетично економного та екологічно безпечного будівництва. Сьогодні все більшого розуміння знаходять ідеї дезурбанізації – перехід до розосереджених селітебних систем, здатних повернути людині переваги «наземних» типів помешкань предків, забезпечити людині безпосередній доступ до базових життєвих ресурсів: чистого повітря, питної води, повноцінної їжі, рекреативних сил природи.

Одним із перспективних технологічних засобів такого переходу є екологічне будівництво, коли житло будується малоповерховим і переважно з природних матеріалів, а його енергозабезпечення здійснюється засобами альтернативної енергетики. Концепція подібного житла передбачає радикальну зміну стилю життя і світогляду людини у бік збалансованого співіснування з навколишнім світом.

Глина з найдавніших часів служить будівельним матеріалом. Ще в Ассирії і Вавилоні, на основі глини з рослинно-стебловим армуванням (соломою, очеретом, гілками) зводилися господарські будівлі, будинки і цілі палаци. Поєднання

глинобитних та каркасних технологій у XV ст. зумовило появу фахверкового будівництва в Німеччині [6].

Європейські саманні будинки дійшли до нас через кілька сторіч. У 20-х роках минулого століття в США набули популярності споруди із солом'яних блоків. Сьогодні глинобитне будівництво практикується в Австралії, Англії, Німеччини, Казахстані, Канаді, Мексиці, Монголії, Новій Зеландії, Норвегії, Фінляндії, Франції, Чилі.

Зведення саманних будинків не вимагає дорогих будівельних механізмів та тривалого навчання робітників, вихідний же матеріал є практично всюди і в необмеженій кількості. Монолітні саманні будівлі мають хорошу звукоізоляцію, сейсмостійкість та термоізоляційні показники (коефіцієнт термоопору складає мінімум 8, а в основному – 10, проти 2,5, необхідних за нормами). Для зимового обігріву саманних будівель палива потрібно на 20-30% менше, ніж для цегляних. Використання солом‘яних блоків знижує енерговитрати при будівництві приблизно в 150 разів, експлуатаційні енерговитрати – у 4-5 разів, а вартість метра квадратного житла – в 1,5-2 рази.

Одначе саманне будівництво вимагає ретельного дотримання технологій та заходів протипожежної безпеки при будівництві, у разі ж зведення будівель заввишки в два поверхи і більше, вимагається постійний лабораторний контроль якості матеріалів.

Поширення набувають також будинки з мішків, наповнених землею або глиною. Архітектор Надер Халілі створив технологію, названу ним «Super Saman», за якою основним будівельним матеріалом є грунт з будівельного майданчика. [7]. З'явилися цілі поселення доступного житла, побудовані за цим методом. Один будинок шириною до 18 м може бути зведений протягом одного дня сім'єю з чотирьох чоловік, що не мають відповідного досвіду (рис.1.1).



Рис. 1.1. План, екстер’єр та інтер’єр будинку за проектом Халілі Н.

Все більшого поширення набувають технології рослинної архітектури, за якими створюються т. з. «живі будинки».

Ботанік і дизайнер Патрік Бланк [8] розробив систему «Вертикальнй сад» (рис.1.2). Архітектор Мітчелл Джоакім [9] застосував у проекті Fab Tree Hab (рис.1.3) технологію зростаючого будинку, що нагадує бонсай: саджанці дуба, в'яза та кизилу розміщуються в певному порядку, котрий задає траєкторію росту майбутньої конструкції.

Коли параметри живого будинку наближаються до проектних, в його основу висаджуються швидкоростучі ліани, що затим утворюють стіну. Завершують будівництво герметизацією стін природними матеріалами [10].



Рис. 1.2. «Вертикальний сад»



Рис. 1.3. «Fab Tree Hab»

Житло, з його художньо-естетичними та утилітарними якостями, є одним з первісних чинників, що безперервно впливає на всі сторони життя людини, формує її особистість.

Забезпечення кожної людини персональним життєвим середовищем є тим вирішальним кроком, котрий здатен повернути їй гідність, самодостатність та відповідальність за власну долю, за природу, за країну, за планету.

Саме екологічне будівництво, чи не найкращим чином, відповідає вказаній меті. Родинній будинок з ділянкою природного ландшафту, вимагатиме від його мешканців певного обсягу безцінних знань та навичок, котрі мали наші предки і які ми майже втратили. Відродження втраченого – це особлива гуманітарна місія екологічного будівництва.

Екологічні поселення будуть дуже різними, залежно від місцевих фізико-географічних та соціальних умов, але головною їхньою ознакою буде неповторність кожного обійстя, що відображатиме індивідуальності як його мешканців, так і авторських рішень архітектора, дизайнера, художника.

Таким чином, повернення до первісних способів будівництва житла, на базі сучасних науково-технічних досягнень – один з перспективних напрямів вирішення соціальних та екологічних проблем що постають перед людством, зокрема досягнення ним сталого розвитку (sustainable development), за якого задоволення потреб сучасного суспільства не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь

задовольняти свої потреби.

## 1.5. Теплоізоляційні екологічні матеріали

Забезпечення енергозбереження є одним із ключових завдань сучасного будівництва, яке актуальне як при спорудженні нових об'єктів, так і при реконструкції існуючих. Це зумовлено значним підвищенням витрат на енергоносії, що робить питання енергозбереження будівель та споруд особливо важливим.

Сучасні будівельні норми та стандарти вимагають застосування енергоефективних конструкцій та матеріалів, які відповідають високим вимогам. Особлива увага приділяється вибору матеріалів для стінових конструкцій, що потребує наявності детальної та достовірної інформації про їх властивості.

У зв'язку із розробленням нових теплоізоляційних матеріалів змінились технології будівництва та якість життя у нових будівлях. Ізоляційні матеріали мають підвищені експлуатаційні властивості, їх розробники втілюють основні принципи сталого розвитку – екологічність та безпечність. Конкретні завдання будівництва вирішують за рахунок великого асортименту продукції та ефективності розроблених матеріалів, що використовують для ізоляції будинків, споруд тощо. Основною фізичною характеристикою цього класу матеріалів є теплопровідність, яка залежить від його природи, густини, розміру і геометрії пор. Крім того, теплопровідність суттєво змінюється під впливом температури і вологості.

Сучасні теплоізоляційні матеріали класифікують за рядом ознак. Зокрема, з точки зору використовуваної вихідної сировини їх поділяють на неорганічні і органічні. До першого виду відносять мінеральну і скляну вату, керамічні матеріали тощо. Представниками другого виду є піно-і пороласти, дерево-волокнисті плити. Знаходять застосування теплоізоляційні матеріали, які поєднують неорганічну і органічну складові. Оскільки теплопровідність є структурночутливою характеристикою, то її можна суттєво змінювати, змінивши структуру теплоізоляційного матеріалу – від волокнистої, пористої до зернистої. При цьому застосовують мінеральну вату, пористі бетони чи газокераміку або шлаковий гравій чи пісок. Залежно від форми ці матеріали випускають пухкими, плоскими,

фасонними, у вигляді шнурів. Важливою властивістю теплоізоляційних матеріалів є їх вогнестійкість, яка характеризується займистістю або горючістю. З цієї точки зору найкращими є вогнетривкі матеріали – керамзит, пористі бетони та такі, що важко піддаються горінню – цементно-стружкові матеріали, ксилоліт, а торфоплити чи очерет несуть загрозу під час пожежі. За вмістом наповнювача теплоізоляційні матеріали поділяють на такі, що містять його, наприклад, фіброліт і не містять – скловата, мінеральне волокно тощо. У сучасному будівництві до теплоізоляційних матеріалів ставлять і ряд інших вимог: повинні забезпечуватись максимально проста технологія виготовлення і низька трудомісткість монтування, невисока ціна вихідної сировини, стійкість до високих і низьких температур, хороша звукоізоляція, не токсичність, екологічність, достатні механічні властивості.

Теплоізоляція включає елементи конструкцій, що знижують тепловтрати. Це поняття також стосується матеріалів, які застосовуються для створення таких елементів, або комплексу робіт з їхнього встановлення.

Теплоізоляційні матеріали є ключовим елементом у забезпеченні енергоефективності будівель. Вони допомагають зменшити втрати тепла через огороджувальні конструкції, забезпечуючи комфортні умови проживання та скорочуючи витрати на енергоносії.

Теплоізоляційні матеріали характеризуються низькою теплопровідністю і використовуються для ізоляції огороджувальних конструкцій будівель, промислового обладнання та трубопроводів.

Сучасні теплоізоляційні матеріали мають низку теплофізичних властивостей, серед яких:

- теплопровідність;
- щільність;
- міцність на стиск;
- водопоглинання;
- морозостійкість;
- паропроникність.

Економічна ефективність матеріалів визначається їхньою вартістю, трудомісткістю монтажу, а також довговічністю. Екологічні показники включають

вогнестійкість, хімічну та біологічну стійкість.

Теплоізоляційні матеріали класифікуються за структурою та складом. За структурою виділяють:

- волокнисті;
- зернисті;
- комірчасті утеплювачі.

Залежно від основного компонента, вони поділяються на три основні категорії:

Мінеральні матеріали:

- Базальтова вата, скловолокно, комірчасті бетони.
- Переваги: негорючість, термостійкість, екологічність, шумопоглинання.
- Недоліки: низька гігроскопічність, висока паропроникність, необхідність гідроізоляції.

Полімерні матеріали:

- Пінополістирол, пінофол, пінополіуретан, ЕППС.
- Плюси: легкість, доступна ціна, висока теплоємність.
- Мінуси: можливість займання, токсичні випари, потреба у вентиляції.

Органічні матеріали:

- Целюлозна вата, тирса, торф, коркова кора, очерет, солома.
- Переваги: здатність до вологопоглинання, відсутність токсичних випарів.
- Недоліки: легкозаймистість, низька довговічність.

Такий поділ матеріалів дозволяє оптимально підібрати утеплювач відповідно до вимог конкретного об'єкта.

Використання теплоізоляційних матеріалів уможливлює зменшити товщину і масу стін й інших огороджувальних конструкцій, знизити витрату основних конструктивних матеріалів, зменшити транспортні витрати і відповідно знизити вартість будівництва.




Рис. 1.4. Розподіл використання теплоізоляційних матеріалів у будівництві

Для порівняння утеплювачів, наведена таблиця з основними теплофізичними характеристиками (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Теплофізичні характеристики сучасних термоізоляційних матеріалів

| Назва утеплювача | Базальтова вата | Скловата | Пінопласт | ЕПП* | Пінополіуретан |
|---|---|---|---|---|---|
| Теплопровідність, Вт/м·К | 0,032 - 0,048 | 0,041-0,043 | 0,032 - 0,04 | 0,03 - 0,033 | 0,019 - 0,028 |
| Водопоглинання, від маси за 24 години | 0,095% | 1,7% | 2% | 0,2% | 1 - 3% |
| Щільність, кг/м³ | 28-100 | 11-25 | 15-50 | 22-47 | 30-86 |
| Паропроникність, мг/(Па·м·год) | 0,3 | 0,4 - 0,12 | 0,05 | 0,004 - 0,005 | 0,023 - 0,05 |
| Робоча температура, °С | від -180 до +750 °С | від -60 до +450 °С | від -50 до +75 °С | від -50 во +75 °С | від -100 до +150 °С |
| Стійкість до дії розчинників | висока хімічна стійкість | хімічно нейтральна | мало стійкий | мало стійкий | хімічно стійкий |

ЕПП*- екструдований пінополістирол

У будівельній галузі зростає значення інноваційних технологій, які

дозволяють досягати високих результатів завдяки впровадженню сучасних енергоефективних елементів конструкцій.

Теплоізоляційні матеріали активно використовуються у виробництві сендвіч-панелей, фасадних термопанелей, багатошарових блоків, теплоблоків та інших енергозберігаючих елементів. Ці матеріали повністю відповідають сучасним стандартам термоефективності для будівель і споруд.

Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів сприяє значному енергозбереженню як при будівництві нових об'єктів, так і при реконструкції існуючих. Застосування теплоізоляції у створенні будівельних елементів розширює можливості їхнього використання. Використання таких матеріалів в огороджувальних конструкціях забезпечує суттєве скорочення витрат на енергоносії в процесі експлуатації будівель і споруд.

# РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ІННОВАЦІЙНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

## 2.1. Підготовка зразків будівельних матеріалів для дослідження

Для проведення досліджень, які проводилися в науково-дослідному центрі технології кераміки «ПОРЦЕКС ВРБТ», були підготовлені зразки будівельних матеріалів, основними компонентами яких були глина та рослинні домішки.

Всі зразки були сформовані в однакових умовах, при однаковій температурі та вологості.

Для отримання зразків будівельних матеріалів використовували глину середньої пластичності (видобуток Рівненської обл.) та конопляну сировину (костру і волокно), яка була вирощена в умовах Житомирської обл. Для підготовки зразків глиняну масу змішували з рослинними компонентами, після чого загружали і утрамбовували у форми розміром 5х5 см, після чого висушували до постійної ваги при природніх умовах.

Кожен зразок відрізнявся вмістом конопляної сировини.

**Зразок №1**

Для підготовки зразка змішувалися три основні компоненти: глина, деревна тирса та волокно коноплі.

Глина – 83,3 %

Деревна тирса – 8,35 %

Конопляне волокно – 8,35 %.




**Рис. 2.1. Фотографічне зображення зразка №1.**

**Зразок №2**

Для підготовки зразка змішувалися три компоненти, два з яких були рослинного походження, а саме: деревні відходи та конопляна сировина.

Глина – 70%

Деревна тирса – 10%

Конопляне волокно – 20%




**Рис.2.2. Фотографічне зображення зразка №2**

**Зразок №3**

Для підготовки зразка змішували два компоненти: глину і конопляне волокно, яке було попередньо подрібнене.

Глина – 80%;

Конопляне волокно – 20%.




**Рис. 2.3. Фотографічне зображення зразка №3**

**Зразок №4**

Для підготовки зразка змішували два компоненти: глину і конопляну кострицю у співвідношенні:

Глина – 80%

Костриця конопель – 20%.

Слід зауважити, що костриця конопель у всіх зразках мала фракцію 1,5 – 2 см, а глина, яка використовувалася для приготування зразків, мала середню пластичність.




Рис. 2.4. Фотографічне зображення зразка №4

## 2.2. Підготовка глинистої сировини для дослідження

Глина – це слабкозцементована тонкозерниста осадова гірська порода, пилоподібна або зцементована в сухому стані та пластична при зволоженні. Глини дуже поширені, вони становлять близько 50 % всіх осадових гірських порід земної кори. Глинисті породи — породи, що містять більше 50% пелітової фракції седиментаційного або еолового походження.

Глини входять до переліку корисних копалин загальнодержавного значення затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 грудня 1994 р. № 827, як сировина вогнетривка, сировина формувальна та для огрудкування, сировина для мінеральних пігментів, сировина цементна, сировина петургійна та для легких заповнювачів бетону і сировина цегельно-черепична.

Мінеральний склад (табл. 2.1.) значною мірою впливає на якісні характеристики глин, і відповідно, на сферу їх застосування. Так, гідрослюдисті різновиди характеризуються низькою пластичністю, але у воді можуть збільшувати

об’єм у 9 разів. Вони містять багато домішок уламкових порід (польового шпату, слюд, кварцу). Каолінові різновиди складаються, переважно, з каоліну і відрізняється високою пластичністю. Найчастіше вони використовуються у виробництві кераміки. Монтморилонітові різновиди мають виражені сорбційні властивості.

Якісні характеристики глин

1. Дисперсність — це ступінь подрібненості породи. За ступенем дисперсності глинисті породи поділяють на:
   - Високодисперсні, або тонкодисперсні (містять 85% частинок менше ніж 10 мкм або 60% – до 1 мкм)
   - Дисперсні (частки до 10 мкм становлять 40–85% або до 1 мкм – 20–60%)
   - Грубодисперсні (у матеріалі менше ніж 40% зерен з діаметром до 10 мкм або до 20% з діаметром до 1 мкм).

Таблиця 2.1.

Мінералогічний склад глинистої сировини

| | Вміст оксидів,% | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $SO_3$ | Ppp | Сума |
| глина | 56,513 | 0,774 | 16,06 | 6,046 | 4,52 | 0,240 | 4,208 | 0,139 | 11,50 | 100,00. |

Для визначення залежності між хімічним складом та призначенням використання глини, А.М. Августиником, глини згруповані відповідно з їх технічним призначенням та хімічним складом.

На діаграмах Августиника в якості осей прийнято співвідношення молей $Al_2O_3/SiO_2$ та сума молей топників ( плавнів) $RO+R_2O+Fe_2O_3$.

В табл. 2.2 подано співвідношення молей $Al_2O_3/SiO_2$ та сума молей топників (плавнів) $RO+R_2O+Fe_2O_3$ дослідної сировини.

Таблиця 2.2

Співвідношення молей $Al_2O_3/SiO_2$
та сума молей топників (плавнів) $RO+R_2O+Fe_2O_3$

| Найменування сировини | Вміст молів | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3/SiO_2$ | RO | | $R_2O$ | | $Fe_2O_3$ | $RO+R_2O+Fe_2O_3$ |
| | | | | CaO | MgO | $Na_2O$ | $K_2O$ | | |
| Глина | 0,157 | 0,94 | 0,167 | 0,081 | - | 0,003 | 0,045 | 0,038 | 0,167 |

На основі отриманих даних побудовано діаграму Августиника (рис.2.5), яка свідчить, що суглинок по хімічному складу опинилися в області 6 - цегляні глини, а глина знаходиться в області 6 - черепичні глини. Таким чином, глиниста сировина, що випробується, за хімічним складом є сировиною придатною для виробництва якісної керамічної цегли.

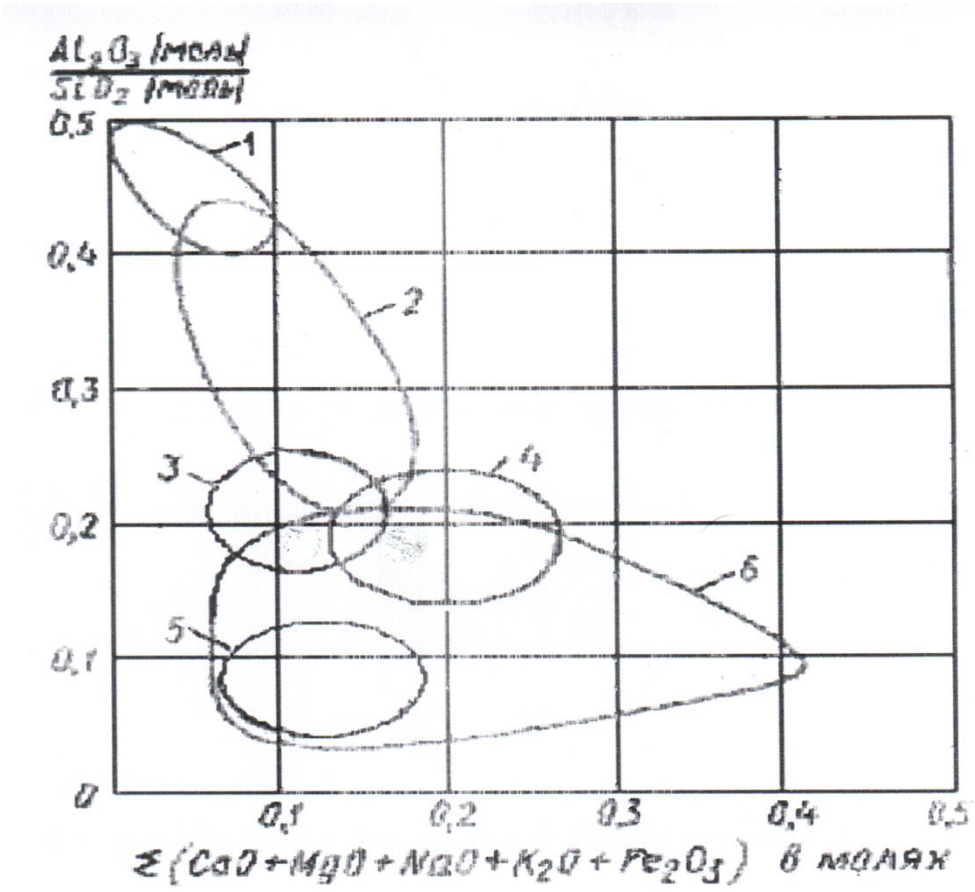



Рис. 2.6. Діаграма Августиника

Дисперсність глинистої сировини визначали методом піпетки. Результати досліджень подані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Дисперсність дослідної сировини

| Найменування | Вміст, % часток, діаметр зерен, мм | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1,00-0,06 | 0,06-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 |
| Глина | 6.60 | 18,20 | 7,70 | 67,50 |

На основі даних поданих в табл. 2.3 дисперсність глини становить:

- піщана фракція -6.60%
- пилевидна фракція – 25.90%
- глиниста фракція — 67.50 %

В табл. 2.4 подано властивості коагуляційно-конденсаційної структури проб глинистої сировини, що досліджуються.

Таблиця 2.4

Властивості коагуляційно-конденсаційної структури проб дослідної сировини

| Найменування сировини | Формувальна вологість,% | Пластичність | | | Повітряна усадка,% | Чутливість до сушіння, с | Густина сирцю, кг/см3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Нижня границя текучості. | Границя розкочування | Число пластичності | | | |
| Глина | 33,79 | 38,53 | 21,13 | 17,40 | 10,65 | 161 | 1855 |

Проба глина є середньопластичною сировиною (15-28) , при повітряній усадці 10,65%. Як показує аналіз експериментальних даних (табл. 2.4) глиниста сировина є помірночутливою до сушіння. Строк їх сушіння повинен складати 36-48 годин.

### 2.3. Методика визначення фізичних властивостей досліджуваних зразків

1.1 Теплоізоляційні матеріали, як правило, застосовують для теплоізоляції зовнішніх огороджувальних конструкцій. У багатошарових огороджувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують як теплоізоляційний шар. Теплоізоляційний шар у залежності від типу та густини теплоізоляційних виробів,

що використовують, може виконуватись:

- одношаровим - на основі теплоізоляційних виробів одного типу та густини;
- багатошаровим - на основі двох або більше теплоізоляційних виробів різної густини та/або типу;
- комбінованим - на основі багатошарових теплоізоляційних виробів одного типу, виконаних із шарів різної густини, що сполучені між собою за рахунок як хімічної, так і фізичної адгезії.

1.2 У загальному випадку теплоізоляційні матеріали повинні відповідати вимогам нормативних документів на відповідний тип продукції: вироби з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому - ДСТУ Б В.2.7-167, ДСТУ Б В.2.7-169; вироби з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна - ДСТУ Б В.2.7-56; вироби зі спіненого пінополістиролу - ДСТУ Б EN 13163; вироби з екструдованого пінополістиролу - ДСТУ Б EN 13164; вироби перлітобентонітові - ДСТУ Б В.2.7-15; вироби з ніздрюватих бетонів - ДСТУ Б В.2.7-45, ДСТУ Б В.2.7-164; пінополіуретани -ДСТУ Б В.2.7-150, ДСТУ Б В.2.6-187; вермикуліт спучений - ДСТУ Б В.2.7-280; пісок і щебінь перлітовий спучені - ДСТУ Б В.2.7-157; теплоізоляційні розчини та вироби з піноскла - вимогам чинної нормативно-технічної документації.

1.3. Вибір теплоізоляційного матеріалу здійснюють для наступних типів непрозорих конструкцій будівлі:

- заглиблених конструкцій будівлі, цокольних конструкцій;
- підлог по фунту;
- зовнішніх стін;
- перекриттів (цокольних, міжповерхових, горищних);

покриття.

1.4. Визначальними при виборі теплоізоляційного матеріалу є наступні фізико-технічні показники якості згідно з ДСТУ Б В.2.7-195:

- гранична температура застосування;
- вологість;
- водопоглинання;
- морозостійкість;

- паропроникність;
- група горючості;
- міцність на стиск/границя міцності при стиску;
- стисливість;
- границя міцності при зсуві;
- границя міцності при розтягу у напрямку, перпендикулярному до поверхні;
- густина;
- правильність геометричної форми.

Додатково до перелічених вище показників необхідно керуватися наступними показниками якості:

- розрахункова теплопровідність;
- термін ефективної експлуатації.

1.5. Узагальнені технічні вимоги до фізико-технічних показників якості теплоізоляційних матеріалів у залежності від типу конструкції, де вони використовуються, наведені в таблиці 2.1.

1.6. Строк ефективної експлуатації теплоізоляційних виробів, що використовують для теплоізоляції заглиблених конструкцій будівлі, цокольних конструкцій, а також конструкцій фасадної теплоізоляції з опорядженням цеглою, повинен становити не менше ніж 50 років. Для інших конструкцій необхідно використовувати теплоізоляційні вироби зі строком ефективної експлуатації не менше ніж розрахунковий строк служби збірної конструктивної системи, але у всіх випадках не менше ніж 25 років.

1.7. Вибір теплоізоляційних матеріалів за показником горючості необхідно здійснювати за вимогами ДБН В.1.1-7, для конструкцій фасадної теплоізоляції - додатково за вимогами ДБН В.2.6-33, а для конструкцій покриттів - додатково за вимогами ДБН В.2.6-14.

1.8. Теплоізоляційний шар необхідно розташовувати із зовнішньої сторони несучої частини огороджувальної конструкції.

Таблиця 2.5

Технічні вимоги до теплоізоляційних матеріалів

| № | Найменування показника | Тип конструкції | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Заглиблені конструкції будинку, цокольні конструкції | Зовнішні стіни з фасадною ізоляцією згідно з ДБН В.2.6-33 | | | | Підлоги по ґрунту та перекриття | | Покриття | | | Тришарові конструкції[2)] |
| | | | класу А | класу Б | класу В | класу Г | по лагах | по монолітній стяжці | горищні | суміщені | | |
| | | | | | | | | | | одношарові[1)] | двошарові[1)] | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | Гранична температура застосування °С, не менше | - | 60 | - | - | - | - | - | - | 70 | 70 | - |
| 2 | Вологість, %, не більше | 0,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 3 | Водопоглинання при частковому зануренні, % за об'ємом, не більше | 2,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | Морозостійкість, циклів, не менше | 100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Паропроникність, мг/(м·год·Па), не менше | - | 0,05 | 0,1 | 0,3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | Група горючості | - | Згідно з вимогами 5.3 ДБН В.2.6-33 | | | | НГ | - | Згідно з вимогами ДБН В.2.6-14 | | | - |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 7 | Міцність на стиск/ границя міцності при стиску, МПа, не менше | 0,2 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | - | - | 0,025 | - | 0,04 | 0,05[3)] | 0,06 |
| 8 | Стисливість під навантаженням 2000 Па, %, не більше | - | - | - | - | - | - | 20 | - | - | - | - |
| 9 | Границя міцності при зсуві, МПа, не менше | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,05 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Границя міцності при розтягу у напрямку перпен-дикулярному до поверхні, МПа | - | 0,012 | - | - | - | - | 0,005 | - | 0,005 | 0,005 | 0,1 |
| 11 | Густина, кг/м$^3$, не менше | - | - | 18 | 18 | 18 | - | - | - | - | - | - |
| 12 | Строк ефективної експлуатації, умовних років, не менше | 50 | 25 | 50 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| [1]) За кількістю шарів теплоізоляції різної густини.<br>[2]) Конструкції заводського виготовлення з внутрішнім теплоізоляційним шаром.<br>[3]) Для плит верхнього шару.<br>"-" означає, що показник не є визначальним для даного типу конструкції. | | | | | | | | | | | | |

## 2.4. Методи оцінювання конкурентоспроможності товару

Оцінка конкурентоспроможності товару здійснюється на основі одиничних, комплексних (групових) та інтегрального показників конкурентоспроможності продукції.

*Одиничний показник конкурентоспроможності продукції* — це відношення окремого параметру товару до аналогічного параметру базового продукту (як правило, аналогічний продукт головного конкурента на даному ринку).

*Комплексний (груповий) показник конкурентоспроможності продукції* — об'єднання одиничних показників (груповий показник якості, груповий економічний показник — показник ціни споживання).

*Інтегральний показник конкурентоспроможності продукції* — рівень конкурентоспроможності товару, що враховує сукупність комплексних показників.

Оцінка конкурентоспроможності товару проводиться за наступними етапами:

1) визначення мети оцінки конкурентоспроможності продукції;

2) аналіз ринку, запитів споживачів, аналіз аналогічної продукції конкурентів;

3) вибір базового товару для порівняння (товар-еталон, або, найчастіше, аналогічний найбільш конкурентоспроможний товар на ринку);

4) вибір методу оцінки конкурентоспроможності товару;

5) складання переліку параметрів, що підлягають оцінюванню та визначення їх вагомості (для деяких методів оцінки конкурентоспроможності);

6) оцінка конкурентоспроможності за обраним методом;

7) висновки щодо рівня конкурентоспроможності товару;

8) розробка заходів щодо підвищення конкурентоспроможності товару і оцінка витрат на їх реалізацію або / і прийняття рішення щодо виводу товару на новий ринок.

Метою оцінки конкурентоспроможності продукції може бути:

— оцінка перспектив виводу товару на новий ринок;

— планування підвищення якості, модернізації товарів;

— встановлення та корегування ціни на товари;

— планування сервісної підтримки;

— оптимізація асортименту.

Існує декілька методів оцінки конкурентоспроможності товару.

Оцінка конкурентоспроможності продукції на основі **«рейтингу товару»** — показника, який характеризує міру переваги певного виробу над іншими. Рейтинг товару визначається як множення відносних показників якості:

$$P_m = \prod_{i=1}^{n} q_i \ , \qquad (2.1)$$

де $P_m$ — рейтинг товару;

$q_i$ — відносний показник якості товару.

Відносний показник якості товару є одиничним показником конкурентоспроможності продукції. У випадку, якщо чим більше значення певного параметру продукції, тим він більш привабливий для споживача,

Відносний показник якості розраховується як відношення величини параметру виробу, що оцінюється, до величини аналогічного параметра базового виробу:

$$q_i = \frac{P_{i_{ОЦІН}}}{P_{i_{БАЗ}}}, \qquad (2.2)$$

де $p_{i_{ОЦІН}}$ — значення $i$ параметра виробу;

$p_{i_{БАЗ}}$ — аналогічний параметр базового виробу, з яким проводиться порівняння.

Якщо, навпаки, чим менше значення певного параметру продукції, тим він більш привабливий для споживача, відносний показник якості розраховується за оберненою формулою:

$$q_i = \frac{p_{i_{БАЗ}}}{p_{i_{ОЦІН}}}. \qquad (2.3)$$

Визначення показника «рейтинг товару» є досить простим, проте він має недоліки — не враховується різна цінність показників окремих параметрів товару для споживача та не враховується економічний груповий показник — ціна споживання.

Оцінка конкурентоспроможності продукції на основі **відповідності споживчим перевагам** враховує різну значимість характеристик товару для споживача:

$$I_k = \sum_{i=1}^{n} a_i q_i, \qquad (2.4)$$

де $a_i$ — вагомість $i$ параметричного індексу.

Вагомість параметричного індексу продукції показує його пріоритетність серед інших характеристик. Більш значущі параметри товару для споживача отримують найвищі значення вагомості. Разом всі значення вагомості дають одиницю (100 %). Вагомість кожного параметру визначається за допомогою експертної оцінки, які основані на результатах маркетингових досліджень.

За допомогою формули оцінювання конкурентоспроможності товару на основі відповідності споживчим перевагам можна оцінити ступінь задоволеності потреби споживача властивостями виробу, якщо при розрахунку кожного параметричного індексу взяти за базу порівняння величину параметру, при якій потреба задовольняється на 100%. Наприклад, заряду батареї ноутбуку, який оцінюється, вистачає на 3 часи роботи, а споживачу потрібно 5 часів. При даному аналізу і розрахунку $q_i$ в найкращому варіанті дорівнює 1, тобто потреба за даним параметром є повністю задоволеною. Перевищення одиниці не є бажаним, оскільки це не має економічного ефекту, а навпаки, приносить зайві витрати на виготовлення виробу й

робить його більш дорогим, що не впливає на підвищення його конкурентоспроможності на ринку.

Оцінка конкурентоспроможності продукції на основі **інтегрального показника конкурентоспроможності** робиться на основі показників якості товару та сервісу з урахуванням їх вагомості для споживача та ціни споживання. Товар є більш привабливим для споживача при отриманні максимального корисного ефекту при менших витратах. Метод оцінки інтегрального показника конкурентоспроможності є найбільш інформативним та дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо підвищення конкурентоспроможності товару, виходу з товаром на новий ринок.

Інтегральний показник конкурентоспроможності товару розраховується за формулою:

$$I_k = \frac{I_{Т.П.}}{I_{Е.П.}}, \qquad (2.5)$$

де $I_{Т.П.}$ — індекс технічних параметрів;

$I_{Е.П.}$ — індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{Т.П.} = \sum_{i=1}^{n} a_i q_i . \qquad (2.6)$$

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{Е.П.} = \frac{Ц_{ОЦІН} + В_{ОЦІН}}{Ц_{БАЗ} + В_{БАЗ}}, \qquad (2.7)$$

де $Ц_{ОЦІН}$ і $Ц_{БАЗ}$ — відповідно ціна товару, що оцінюється, та базового;

$В_{ОЦІН}$ і $В_{БАЗ}$ — відповідно витрати споживачів за термін експлуатації виробу.

*Ціна споживання* — це ринкова ціна товару з сукупністю всіх витрат, які несе споживач в період використання товару. Отже, індекс економічних параметрів визначається як відношення ціни споживання товару, що оцінюється, до ціни споживання базового товару, з яким ведеться оцінка:

$$I_{Е.П.} = \frac{Ц_{СПОЖ_{ОЦІН}}}{Ц_{СПОЖ_{БАЗ}}}, \qquad (2.8)$$

де $Ц_{СПОЖ_{ОЦІН}}$ і $Ц_{СПОЖ_{БАЗ}}$ — відповідно ціна споживання товару, який оцінюється, та базового.

При оцінці ціни споживання обладнання, техніки для виробничих потреб враховуються наступні витрати:

$$Ц_{СПОЖ} = Ц + Ц_{ТР} + Ц_{МОНТ} + Ц_{НАВЧ} + Ц_{ЕКСПЛ} + Ц_{РЕМ} + Ц_{ТО} + Ц_{СТР}, \quad (2.9)$$

де $Ц_{СПОЖ}$ — ціна споживання;

$Ц$ —ціна покупки товару;

$Ц_{ТР}$ —транспортні витрати на доставку;

$Ц_{МОНТ}$ — витрати на монтаж виробу;

$Ц_{НАВЧ}$ — витрати на навчання персоналу;

$Ц_{ЕКСПЛ}$ — витрати, пов’язані з експлуатацією виробу;

$Ц_{РЕМ}$ — витрати на ремонт виробу;

$Ц_{ТО}$ — витрати на технічне обслуговування;

$Ц_{СТР}$ — страхові внески.

Витрати, які пов’язані з експлуатацією виробу, можуть бути значними, перевищувати ціну покупки та, відповідно, є необхідними для урахування перед вибором та покупкою товару.

Якщо інтегральний показник конкурентоспроможності товару:

більше ніж 1: товар конкурентоспроможний по відношенню до базового виробу;

менше 1 — поступається в конкурентоспроможності базовому зразку;

дорівнює 1 — знаходиться з базовим товаром на одному рівні.

При прийнятті рішень щодо виводу товару на ринок користуються наступною шкалою:

1) якщо інтегральний показник конкурентоспроможності товару дорівнює від 1,6 та вище — дуже перспективно;

2) від 1,4 до 1,59 — перспективно;

3) від 1,2 до 1,39 — малоперспективне;

4) від 1,00 до 1,19 — неперспективне.

Наглядним методом оцінки конкурентоспроможності продукції підприємства є графічний метод. Одним з них є побудування багатокутника конкурентоспроможності, на якому можна відобразити фактори та рівень конкурентоспроможності продукції підприємства та аналогічної продукції його головних конкурентів (рис. 2.7).

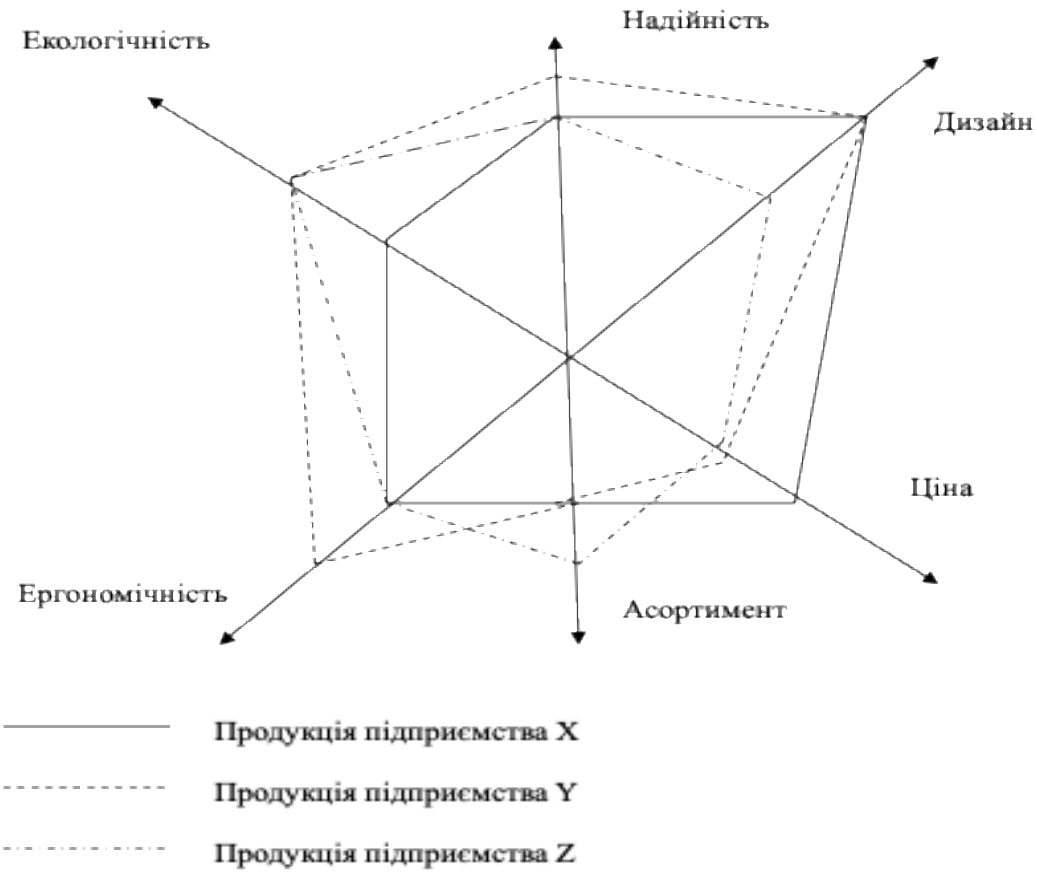



Рис. 2.6. Багатокутник конкурентоспроможності товару

Фактори та їх оцінка обираються експертами чи підприємством. Підприємство з найбільш конкурентоспроможною продукцією буде мати найбільшу площу багатокутника.

Індекс конкурентоспроможності визначається за формулою:

$$I = \frac{S_j}{S}, \qquad (2.10)$$

де $S$ — загальна площа багатокутника з максимальними значеннями факторних показників.

Найбільш конкурентоспроможний товар має найбільший індекс конкурентоспроможності.

# РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІННОВАЦІЙНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

## 3.1. Визначення якості та ефективності будівельних матеріалів

Будівельні матеріали є основоположними серед багатьох факторів, що визначають якість сучасного будівництва, архітектурну цінність будівель та споруд і техніко-економічні показники будівельних проєктів. Асортимент і якість виробів будівельної індустрії безпосередньо впливають на технічні, естетичні переваги об'єкта та його довговічність.

Проблема підвищення загального рівня якості будівництва та архітектури безпосередньо обумовлюється з поліпшенням якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, упровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів, які повною мірою відповідають архітектурно-будівельним вимогам.

Від правильного вибору будівельних матеріалів та конструкцій залежить не тільки фізична, а й моральна довговічність будівлі або споруди. При цьому потрібно враховувати, що економічність проєкту не завжди є доцільною. Не можна економити на матеріалах для високоякісного оздоблювання, коли від цього залежить довговічність та естетична виразність будівлі. Низька якість допоміжних матеріалів, які використовуються для захисних покриттів або обробки поверхні, може призвести до передчасного старіння або руйнування дорогих за вартістю конструктивних елементів, від яких залежить термін служби всієї будівлі.

Довговічність будівель визначається довговічністю застосовуваних будівельних конструкцій і залежить від умов обслуговування, якості будівельно-монтажних робіт (ретельності виготовлення, взаємного сполучення конструкцій, технічних умов і правил виробництва, що набуті теорією та практикою будівництва). На вибір будівельних матеріалів для проєктування будівель і споруд впливають різноманітні вимоги і чинники, головні з яких можна умовно класифікувати у такий спосіб:

– природно-кліматичні фактори;
– соціально-психологічні чинники;

– архітектурно-будівельні вимоги;

– економічні вимоги.

На проєктування житла найбільше впливають атмосферні умови. Проектувати універсальне житло для будь-якого кліматичного району не має сенсу з функціональної, економічної та будівельної точок зору. Тому під час проєктування житла потрібно орієнтуватися на максимальний облік саме конкретних, а не абстрактних місцевих умов.

З-поміж найважливіших атмосферних умов виокремлюють: температурний, вітровий, вологісний, сніговий, дощовий режими, рівень сонячної радіації, сезонні відмінності у погоді тощо. Вони впливають на людину та житловий будинок у комплексі, однак, по-різному в кожному конкретному випадку.

### 3.2. Матеріали для несучих та огороджувальних конструкцій

Для архітекторів, проєктувальників та конструкторів важливим є чітко усвідомлювати, із яких матеріалів буде втілюватися їхній проект. Для цього необхідно сформулювати критерії вибору матеріалів, рекомендованих для житлового будівництва, а також упорядкувати ці критерії ієрархічно:

– безпека будівельного матеріалу для здоров’я людини та біосфери Землі (безпека з медичної точки зору: дотримання санітарно-гігієнічних вимог до будівельних матеріалів у процесі виробництва, експлуатації та утилізації, а також екологічна безпека);

– мінімальна енергоємність матеріалів у процесі виробництва та витрати на експлуатацію та утилізацію (мінімальні витрати ресурсів), основані на дбайливому ставленні до природи, прагненні до не нанесення шкоди навколишньому середовищу;

– максимальний термін служби;

– ремонтопридатність матеріалу;

– повторне використання як будівельного матеріалу або енергоносія.

Отже, у разі невідповідності матеріалу цим вимогам він не може бути застосований для будівництва, тим більше житлового, поза залежністю від інших своїх характеристик, у тому числі й вартості.

Матеріали, що сприймають силове навантаження, є конструкційними, бо з виготовляються конструкції будівель і споруд. Визначальними параметрами при виборі таких матеріалів є механічні властивості, що відрізняє їх від інших технічних матеріалів (оптичних, ізоляційних, змащувальних, лакофарбних, декоративних, абразивних тощо). До головних критеріїв якості матеріалів належать параметри опору зовнішнім навантаженням: міцність, в'язкість, надійність, ресурс тощо.

Класифікація будівельних матеріалів за призначенням найзручніша для використання архітекторами в їхній творчій роботі, таку класифікацію називають архітектурно-будівельною. Вона наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Архітектурно-будівельна класифікація будівельних матеріалів

| Матеріали | Призначення | Використання |
|---|---|---|
| Конструкційні матеріали (цегла керамічна звичайна, залізобетонні конструкції, блоки з природного каменя) | Забезпечують захист від різних фізичних впливів, міцність і довговічність будівель, споруд. | Використовуються для несучих конструкцій і огорож (тепло та звуко-ізоляційні; покрівельні; гідро- і пароізоляційні; герметизувальні; для світлопрозорих огорож, вікон, дверей; для інженерно-технічного обладнання будівель; спецпризначення) |
| Конструкційно-оздоблювальні матеріали (цегла керамічна лицьова, дошки, щити) | Забезпечують певний захист, міцність, а їх одна або кілька поверхонь, які називають лицьовими, сприймаються | Для лицьових шарів огороджувальних конструкцій типу «сендвіч»; для огорожі балконів і лоджій; для покриття сходів; для |

| | | |
|---|---|---|
| | візуально в процесі експлуатації | збірно-розбірних, мобільних перегородок; для підвісних стель; для обладнання та меблів; для дорожніх покриттів |
| Оздоблювальні матеріали (плитки керамічні, шпалери, плівки, фарби, лаки) | Головна функція – візуальне сприйняття (однієї або декількох лицьових поверхонь) і безпосередній вплив на естетичний вигляд фасаду, інтер'єру будівлі, споруди | Для фасаду або внутрішнього облицювання стін, для спеціальних декоративних захисних покриттів (антикорозійні, вогнезахисні) |

Вибір матеріалів напряму залежить і від обраної технології зведення будівельного об'єкта, види сучасних технологій наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Порівняння сучасних технологій зведення будівель

| Технології будівництва | Переваги | Недоліки |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Монолітне будівництво | · тривалість будівництва менша від звичайного;<br>– незначна вартість будівництва;<br>· висока звуко- та теплоізоляція будівлі;<br>· висока якість і невелика вага споруди;<br>· мінімальна кількість спецтехніки на будмайданчику;<br>· відсутність щілин у стінах і можливість зведення конструкцій різних форм, незалежно від їхньої складності;<br>· не потрібна підготовка до облицювання стін | · труднощі під час роботи з бетонним розчином у зимовий час (під час дощу);<br>· низькі тепло-ізоляційні властивості |

| | | |
|---|---|---|
| Будівництво з керамічних блоків | · високі теплоізоляційні характеристики;<br>· висока швидкість зведення будинків;<br>· порівняно висока міцність матеріалу;<br>· екологічність і висока стійкість до займання | · значна вартість будівельного матеріалу;<br>· крихкість виробів. |
| Каркасне будівництво | – висока якість споруди;<br>– незначна вартість робіт;<br>· можливість проведення робіт протягом року; | – порівняно невеликий термін експлуатації; |
| Будівництво з піноблоків | – невисока вартість проекту;<br>· високі шумо-, паро- та тепло-ізоляційні властивості;<br>· стійкість до температурних перепадів;<br>– високий ступінь пожежної безпеки;<br>– практично відсутня усадка будівлі;<br>– безпечність для здоров'я;<br>– висока технологічність;<br>– мінімальні терміни будівництва | – низька міцність піноблоків |

| | | |
|---|---|---|
| Будівництво солом'яного будинку | – висока екологічність;<br>– низька собівартість;<br>– доступність матеріалу;<br>- нескладний процес будівництва, але вимагає спеціальних навичок;<br>· матеріал (глина та солома) має високі теплоізоляційні властивості | · потрібен додатковий захист стінових панелей від впливу зовнішніх факторів;<br>· внутрішнє оздоблення будинку – досить складний і копіткий процес |

| | | |
|---|---|---|
| Будівництво з арболітових блоків | – відмінна якість;<br>– матеріал легко обробляється;<br>- невелика вага матеріалу та значні розміри дозволяє будувати будинки дуже швидко;<br>- стійкість до гниття та появи біологічних організмів;<br>- високі показники енерго-ефективності та шумоізоляції;<br>- матеріал стійкий до спалаху, при впливі високих температур не виділяє токсичні речовини;<br>- стінові блоки «дихають», не нагромаджуючи при цьому вологу, забезпечують хорошу вентиляцію будівлі;<br>- відмінні експлуатаційні властивості й довговічність будинків | - стінові панелі потрібно обробляти захисним покриттям через високе водопоглинання матеріалу;<br>- стіни з арболіта мають не дуже приємний зовнішній вигляд, тому вимагають обробки;<br>- забороняється з цього матеріалу будувати багатоповерхові будівлі |

### 3.3. Визначення оптимального вмісту глини та рослинної сировини у саманоглиняній цеглини

Технологія будівництва житла з використанням глинистого ґрунту в різних формах – брукованого, з саману чи інших – відома та використовується з давніх часів. Протягом багатьох років було проведено численні дослідження та розробки, спрямовані на вдосконалення цієї технології та отримання більш стійких, комфортних та довговічних конструкцій. У цій статті представлено експериментальне дослідження ефективності дисперсного армування з натурального волокна в самані. Результати вказують на покращену механічну міцність та кращу теплопровідність глиняного композитного матеріалу. На зміну фізико-механічних параметрів впливав тип використаного органічного матеріалу, конопляного волокна або соломи, а також його кількість у суміші. Аналізуючи одночасно всі фізико-механічні параметри, для використаної глиняної суміші було

встановлено оптимальне додавання конопляного волокна 9-10% об'ємних відсотків, відповідно, оптимальне додавання соломи 30-40% об'ємних відсотків.

Одним з найпоширеніших народних матеріалів є глинистий ґрунт. Гарні властивості та задовільна довговічність конструкцій, побудованих з утрамбованого ґрунту та саману, задокументовані з дев'ятнадцятого століття.

Відомі як «САМАНОВІ ЦЕГЛИНИ», ручної роботи виготовлені цеглини з суглинку, глини та піску широко використовувалися в минулому, переважно для будівництва житла. Ще з неоліту є свідчення існування таких споруд у таких регіонах, як Месопотамія, Анатолія та Левант, цей період також називають Глиняним віком [11, 15, 16, 19].

Хоча в літературі повідомляється про можливість виготовлення споруд з саманних цеглин, також повідомляється про деякі недоліки цього методу [5-7, 14, 17, 20]. Таким чином, для досягнення певних мінімальних умов механічної та термічної стійкості під час використання потрібна товста стінка; у цьому випадку існує високий ризик розтріскування під час висихання, а також значні осьові усадки. Все це збільшує ризик руйнування, тому необхідні досвідчені працівники та ретельний контроль за часом, особливо під час висихання. Бібліографічні дані вказують на те, що ідеальний ґрунт для використання за призначенням повинен містити щонайменше 15-16% глини. Добра оброблюваність та пластичність є необхідними для отримання якісного готового продукту. Вода необхідна для активації міцності зчеплення та досягнення оброблюваності. Однак надмірна кількість води шкодить, оскільки висихання спричиняє значну осьову усадку та появу тріщин. Лінійна усадка від 3 до 12% для блоків з м'яких сумішей або від 0,4 до 2% у випадку сухіших сумішей є задовільною для отримання скінченних елементів без тріщин [1, 7, 12, 17].

Для досягнення гарної теплоізоляції література вказує на щільність матеріалу повинна бути від 1800 до 2000 кг/м3 [1, 7, 12, 13, 17]. Що стосується механічної міцності, різні норми проєктування та виконання або документи з цієї спеціальності вказують мінімальні значення міцності на стиск.

Експериментальні випробування проводилися з використанням заздалегідь визначеної суміші піщаної глини, піску, кісткового клею, вапняного тіста та води, в яку вводили різні кількості конопляних волокон або соломи. Для кожного складу визначалися наступні параметри: оброблюваність, осьова усадка при висиханні, розтріскування, об'ємна щільність, міцність на стиск та коефіцієнт розтягу при згині та теплопередачі.

Для отримання експериментальних сумішей використовувався ґрунт піщано-глинистого типу, видобутий в Рівненській обл. та конопляну сировину (костру і волокно), яка була вирощена в умовах Житомирської обл.. Характеристики фракцій глинистого матеріалу (табл. 3.4), у поєднанні з даними з літератури [5-7, 14, 17, 30] вказували на те, що цей матеріал відповідає обраній меті. Характеристика піщаної глини була проведена шляхом визначення її оксидного складу, як показано в табл. 3.5.

Таблиця 3.4

Розподіл розмірів частинок використаної піщаної глини

| | пісок 0,5<d<2 | середній пісок 0,25<d<0,5 | дрібний пісок 0,05<d<0,25 | порошок 0,005<d<0,05 | глина d<0,005 |
|---|---|---|---|---|---|
| Вміст (%) | 37,53 | 20,15 | 16,72 | 18,26 | 7,34 |

Таблиця 3.5

Оксидний склад піщаної глини

| Ідентифікований оксид | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $TiO_2$ | PC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Концентрація [%] | 74,13 | 12,74 | 4,38 | 0,7 | 1,0 | 1,43 | 0,73 | 0,05 | 4,78 |

Однією з можливостей досягнення умов, що вимагаються технічними умовами, є введення натуральних волокон у масу саману для досягнення дисперсного армування [1, 2, 3, 4, 10, 18, 21]. Однак досі не повністю задокументовано вплив цих добавок та межі їхньої ефективності. Тому метою цієї

роботи є аналіз впливу використання конопляних волокон та соломи як добавок у масу цегли та встановлення оптимального режиму додавання, щоб механічна міцність та теплові параметри були такими ж хорошими.

Після проведення попередніх випробувань [8, 9] було визначено оптимальний склад глиняної матриці: піщана глина, пісок 0-4 мм, кістковий клей та вапняна паста. У цій суміші 35% становить кількість піску, а 65% — кількість в'яжучої речовини, що складається з 97% піщаної глини, 1% кісткового клею та 2% вапняної пасти. Це вважалося контрольною сумішшю, з якою порівнювалися експериментальні результати, отримані для сумішей, що містять волокна конопель або солому.

У глиняну матрицю вводили рослинні матеріали в різних кількостях, виражених у відсотках за об'ємом, відносно до глиняної суміші. Таким чином, вводили 3%, 8%, 9%, 10%, 12% або 15% об'ємних відсотків волокна конопель, відповідно 10%, 20%, 30%, 40%, 50% або 60% об'ємних відсотків соломи. Волокна конопель використовувалися як такі. Солому з високим водопоглинанням використовували після попереднього занурення на годину у воду, щоб уникнути явища водопоглинання глиняною матрицею.

З кожної отриманої таким чином суміші виготовляли один набір із трьох призматичних зразків розміром 40x40x160 мм для визначення об'ємної щільності, осьової усадки та механічної міцності, а також набір із 3 зразків плитного типу 300x300x40 мм для визначення теплопровідності. Зразки зберігали в лабораторних умовах до досягнення рівноважної вологості. Протягом випробувань спостерігали за появою та розвитком тріщин.

• видима щільність підготовлених та зміцнених сумішей визначається як відношення між масою при рівноважній вологості та об'ємом зразків. Результати виражали в кг/м3.

• осьова усадка підготовлених та зміцнених сумішей визначалася за допомогою апарату Граффа, який відображав зміну довжини зразка при рівноважній вологості відносно його початкової. Результати виражали в мм/100 мм.

• Міцність на розтяг при згині, Rf, визначалася шляхом прикладання зосередженого навантаження на половині відстані між опорами. На двох отриманих половинах зразка визначалася міцність на стиск, Rc.

• Теплопровідність визначалася на основі властивостей теплопередачі зразків за допомогою термофлюксметричного методу за середньої температури між плитами 10ºC. Зразок, висушений у печі до постійної маси, поміщали в апарат для визначення теплопровідності. Товщину зразка вимірювали автоматично апаратом. Реєстрували теплопровідність зразка.

• Оброблюваність суміші контролювали під час приготування сумішей та виготовлення зразків.

• Під час сушіння, до досягнення балансу вологості, візуально відстежували появу та розвиток тріщин.

Отримані експериментальні результати показано на рисунках 3.1, 3.2 та 3.3.

Оскільки в глиняну матрицю були введені добавки (кістковий клей та вапняне тісто), її щільність була трохи нижчою мінімальної межі 1800 кг/м3, що в літературі вказується як рекомендована мінімальна теплова маса зручна (рис. 3.1). Ця незручність, з точки зору теплової ефективності, була компенсована введенням рослинних матеріалів. Хоча щільність зменшується зі збільшенням вмісту конопляного волокна, міцність на розтяг при згині безперервно зростає, а міцність на стиск має гаусовську криву.

Склад, що містить 10% конопляного волокна, являє собою точку перегину на еволюційній діаграмі міцності на стиск. Зокрема, додавання конопляного волокна більше 10% призведе не до збільшення, а до зменшення міцності на стиск, міцність на розтяг при згинанні навіть продовжуватиме зростати. Така поведінка пояснюється тим фактом, що, ймовірно, вищий вміст волокон конопель, маса зразка зазнає зниження компактності, що, ймовірно, достатньо для покриття волокон глиняної матриці.

Оброблюваність суміші для відновлення зі збільшенням кількості конопляних волокон у суміші. У діапазоні від 9% до 10% доданого конопляного

волокна спостерігалося різке зростання механічної міцності, а поступове зменшення об'ємної щільності зменшувалося.

Зокрема, додавання конопляних волокон більше 10% не призведе до збільшення, а до зменшення міцності на стиск, хоча міцність на розтяг при вигині продовжує зростати. Ця поведінка пояснюється тим, що, ймовірно, при більшому вмісті конопляних волокон маса зразка зазнає зниження щільності, ймовірно, через недостатню кількість глинистої матриці для покриття волокон. Це припущення також підтверджувалося оброблюваністю суміші для відновлення зі збільшенням кількості конопляних волокон у суміші. У діапазоні від 9% до 10% доданого конопляного волокна спостерігалося різке зростання механічної міцності, а поступове зменшення об'ємної щільності.

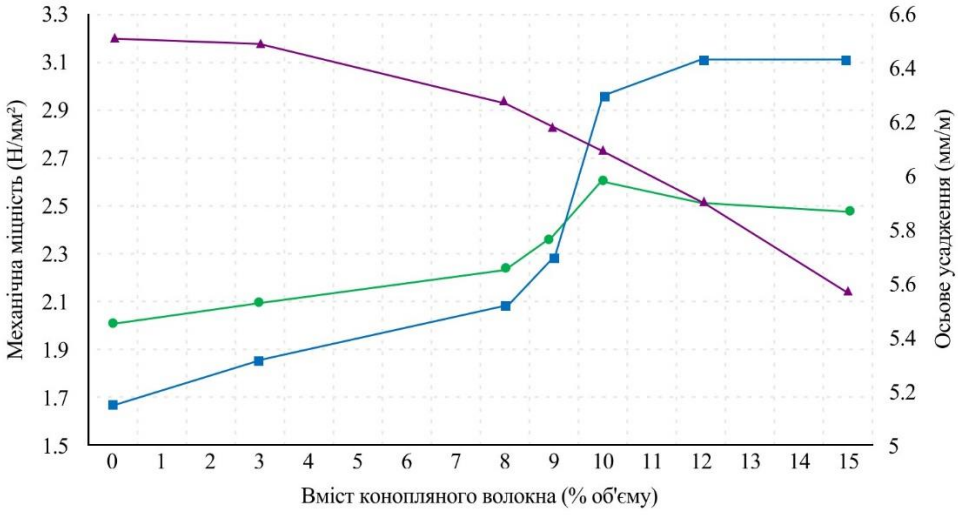



Рис. 3.1. Графік залежностей механічної міцності та осьового усадження від вмісту конопляного волокна

— - міцність на згин (Н/мм2),

— - міцність на стиск (Н/мм2),

— - осьове усадження, (мм/м)

З іншого боку, зі збільшенням вмісту конопляного волокна теплопровідність постійно зменшується (рис. 3.2).

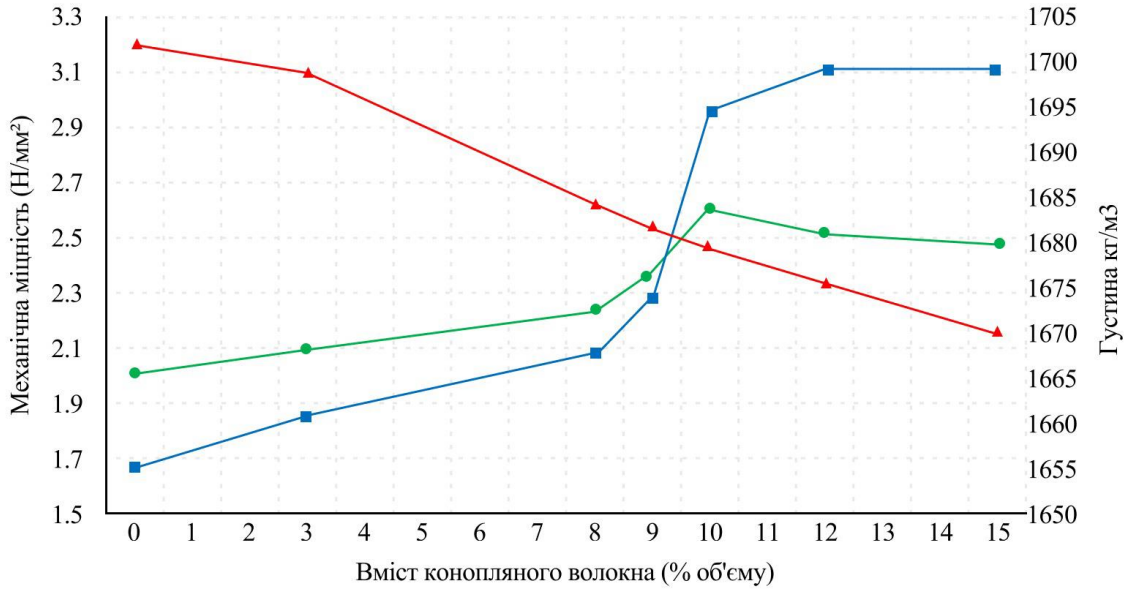



Рис. 3.2. Графік залежностей механічної міцності та щільності від вмісту конопляного волокна

— - міцність на згин (Н/мм2),

— - міцність на стиск (Н/мм2),

— - густина (кг/м3)

Завдяки цьому можна сказати, що хоча щільність знаходиться нижче нижньої межі зазначеного в літературі діапазону, щодо термічної точки зору, поведінка матеріалу покращується при додаванні конопляного волокна. Аналогічно, збільшення вмісту конопляного волокна в суміші визначає покращення характеристик матеріалу з точки зору зменшення осьової усадки (рис. 3.3).

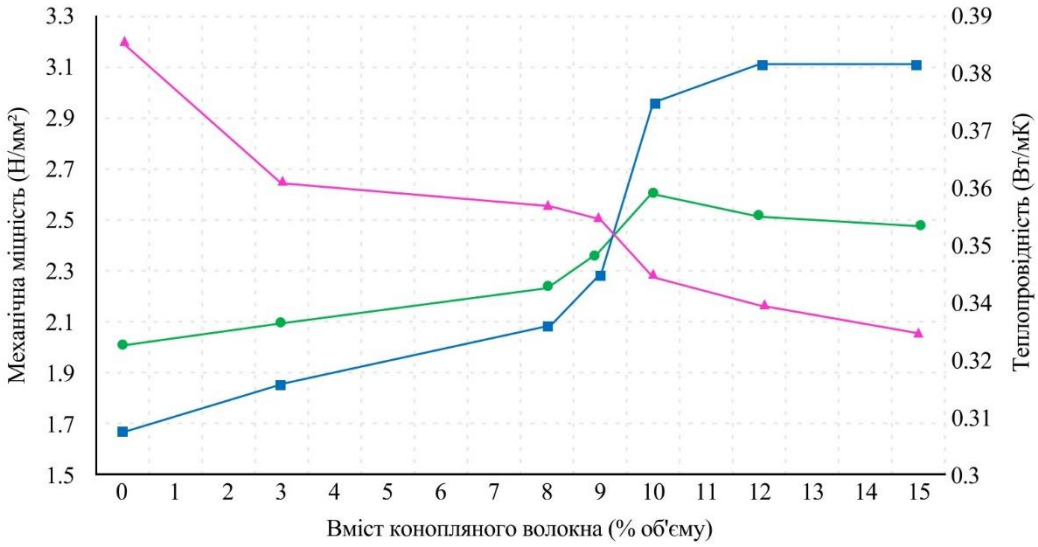



Рис. 3.3. Графік залежностей механічної міцності та теплопровідності від вмісту конопляного волокна

— - міцність на згин (Н/мм2),

— - міцність на стиск (Н/мм2),

— - теплопровідність (Вт/мК)

Щоб встановити оптимальний вміст конопляного волокна, були підсумовані експериментальні результати, отримані для механічної міцності, щільності, теплопровідності та осьової усадки. Оскільки потрібна якомога висока механічна міцність, а теплопровідність та низька осьова усадка, було виявлено, що додавання 10% конопляного волокна є максимумом.

Якщо додавати до цього типу глиняної матриці більшу кількість конопляних волокон, що призводить до зниження міцності на стиск. Аналізуючи графіки зменшення об'ємної щільності, теплопровідності та осьового усадження, а також графіки зростання механічної міцності залежно від кількості конопляних волокон у суміші, було виявлено, що оптимальне додавання конопляних волокон знаходиться в діапазоні 9-10% об'ємних відсотків. Досліджувані зразки, виготовлені з цих сумішей, не мали тріщин під час висихання.

Аналогічний аналіз був проведений також для глиняних сумішей, куди додавали солому. Він спостерігає нижчу об'ємну щільність (рис. 3.4), зменшення

коефіцієнта теплопровідності (рис. 3.5), та осьового усадження (рис. 3.6), зі збільшенням вмісту соломи в суміші.

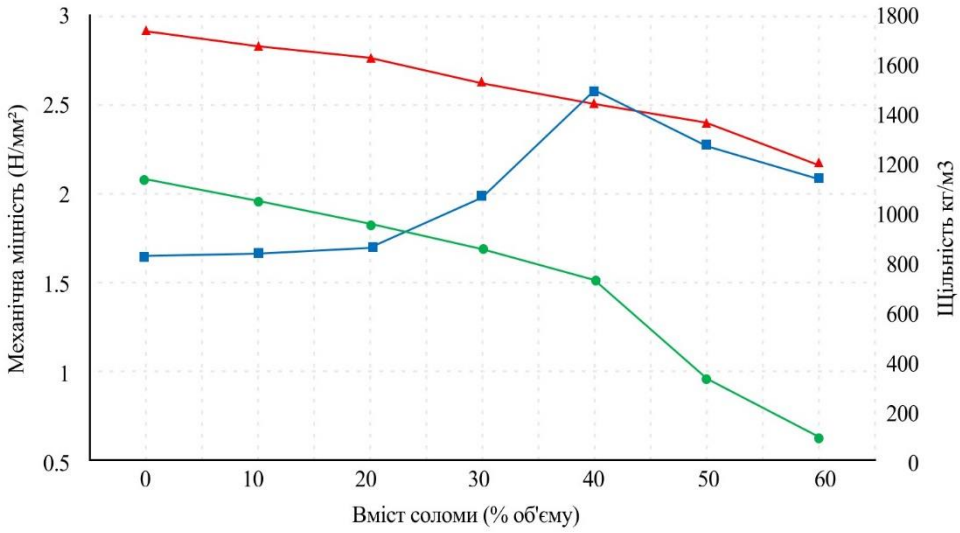



Рис. 3.4. Графік залежностей механічної міцності та щільності від вмісту соломи

— - міцність на згин (Н/мм2),

— - міцність на стиск (Н/мм2),

— - густина (кг/м3)

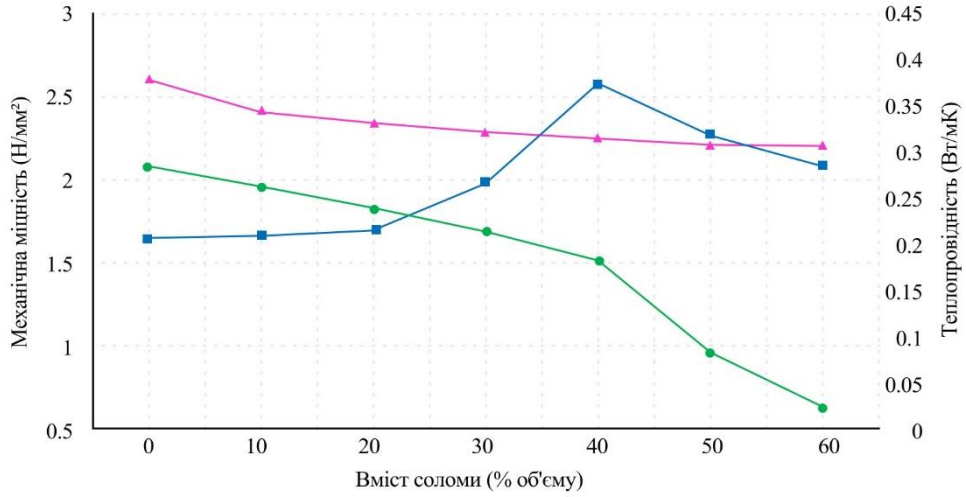



Рис. 3.5. Графік залежностей механічної міцності та теплопровідності від вмісту соломи

— - міцність на згин (Н/мм2),

— - міцність на стиск (Н/мм2),

— - теплопровідність (Вт/мК)

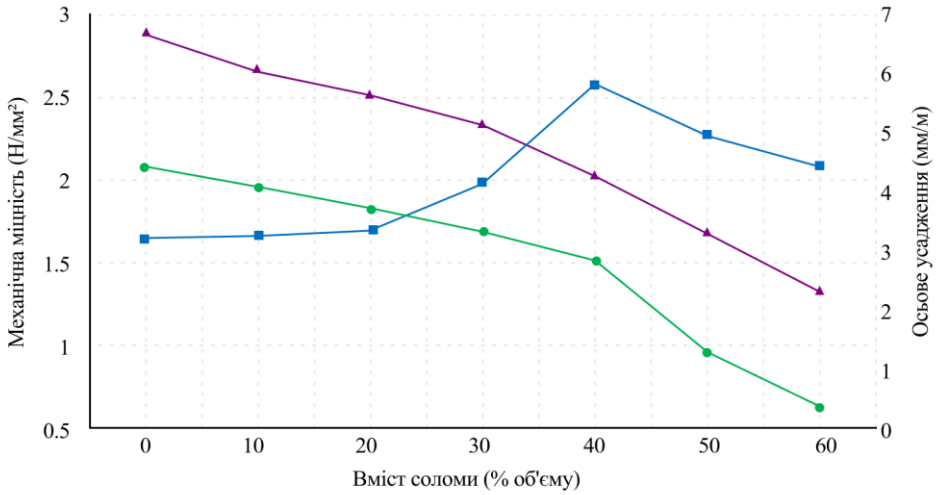



Рис. 3.6. Графік залежностей механічної міцності та осьового усадження від вмісту соломи

— - міцність на згин (Н/мм2),

— - міцність на стиск (Н/мм2),

— - осьове усадження (мм/м)

На відміну від глинистих композицій з конопляними волокнами, для тих, що містять солому, міцність на стиск постійно зменшується зі збільшенням вмісту соломи. Таку поведінку пояснюють відносною трубчастою та жорсткою формою – крихкістю соломи, що визначило її значно більший вміст у випробуваних зразках порівняно зі зразками-свідками або сумішами конопляних волокон. На графіку міцності на стиск, залежно від вмісту соломи в суміші, спостерігається критична точка – 40% вмісту соломи. Хоча до цього значення міцність на стиск постійно знижувалася, з цієї точки цей показник має швидше зниження, що позначається більш крутим нахилом лінії Rc = f (% соломи) для значень 40%, 50%, 60%.

Міцність на розтяг при вигині покращується шляхом додавання соломи до глиняної матриці, досягаючи максимуму для складу з 40% соломи. Додавання соломи більше 40% призводило до швидкого зниження міцності на розтяг при вигині.

Отже, з точки зору показників механічної міцності (міцність на стиск та згин), важливо, що 40% об'ємних відсотків (солома в глиняній суміші) є максимальною кількістю, яку слід використовувати в цьому випадку. Оскільки ми хотіли отримати щільність якомога ближчу до межі, зазначеної в літературі, низьку усадку, а також теплопровідність якомога меншу, зрештою було встановлено, що рекомендована кількість соломи в суміші знаходиться в діапазоні 30% - 40% об'ємних відсотків, у цій області спостерігається найбільше збільшення міцності на згин, тоді як міцність на стиск є найнижчою. Встановлення цього діапазону також було підтверджено хорошою оброблюваністю суміші.

Крім того, з часом було помічено, що при кількості соломи понад 40% відбувається явище гниття соломи. Досліджувані зразки, виготовлені з цих сумішей, не мали тріщин під час висихання.

Зафіксовані значення теплопровідності сумішей, які вважалися оптимальними, як з додаванням волокон конопель, так і у випадку з додаванням соломи, порівнювали з теплопровідністю кількох будівельних матеріалів [33], як показано на рисунку 3. Таким чином, для глиняних сумішей з додаванням 9-10% волокон конопель, а також відповідно з додаванням 30-40% соломи, вважалося, що вони подібні (з точки зору теплопровідності) до бетону з природним заповнювачем, перлітобетону або гранулітобетону щільністю 1000 кг/м3, або до елементів кладки ВСА типу GBN 50.

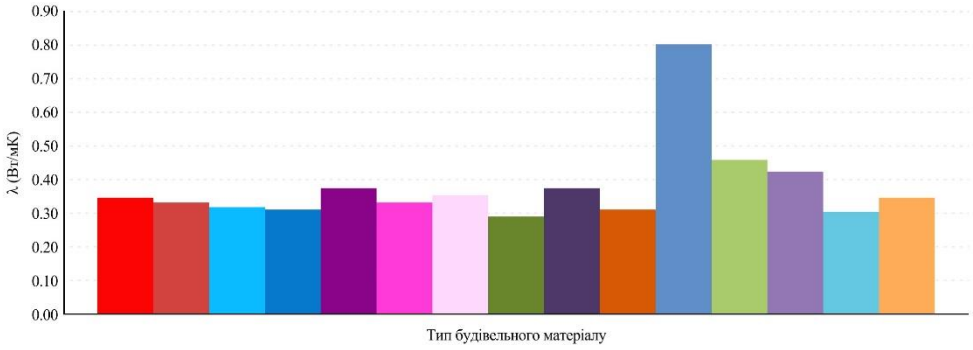



Рис. 3.7. Порівняння показників теплопровідності глиняних сумішей з різними будівельними матеріалам

1 – зразок містить 9% конопляного волокна

2 – зразок містить 10% конопляного волокна

3 – зразок мітить 30% соломи

4 – зразок містить 40% соломи

5 – бетон з натурального заповнювача, густина 1000 кг/м3

6 – перлітовий бетон, густина 1000 кг/м3

7 – гранульований бетон, густина 1000 кг/м3

8 - гранульований бетон, густина 800 кг/м3

9 – гіпсокартон

10 – шлакоблок, густина 900 кг/м3

11 – цегляна кладка

12 – вертикальна пустотіла цегла, густина 950 кг/м3

13 – легкий бетон кладка з маленьких блоків, густина 1000 кг/м3

14 – кладка з автоклавного газобетону, тип 35

15 - кладка з автоклавного газобетону, тип 50

Отже, в роботі досліджено спосіб визначення оптимального додавання рослинних матеріалів, конопляного волокна або соломи, враховуючи при цьому основні фактори, яких слід дотримуватися для отримання піщано-глиняної цегли: осьове усадження, відсутність тріщин, об'ємна густина, механічна міцність та теплові характеристики.

Експериментальні результати показали зниження оброблюваності, усадки, об'ємної щільності, ризику руйнування та теплопровідності зі збільшенням кількості рослинного матеріалу в суміші.

Одночасно зі збільшенням кількості рослинного матеріалу в суміші, з точки зору механічної міцності, спостерігається зміна, яку не можна визначити постійною тенденцією. Таким чином, збільшення вмісту конопляного волокна викликає зміну опору стиску та постійне збільшення міцності на розтяг при вигині. Збільшення вмісту соломи призводить до зниження міцності на стиск та зміни міцності на розтяг за Гаусом.

Тому, одночасно аналізуючи всі параметри використаної глиняної суміші, було встановлено оптимальний діапазон додавання конопляних волокон – 9-10% об'ємних відсотків, відповідно, оптимальне додавання соломи – 30-40% об'ємних відсотків. З точки зору теплопровідності було встановлено, що ці глиняні суміші порівнянні з бетоном з натурального заповнювача, перлітобетоном, гранулітобетоном густиною 1000 кг/м3 або цегляними елементами кладки ВСА типу GBN 50, а також порівнянні з опублікованими експериментальними результатами інших досліджень в літературі.

У роботі розглянуто можливість використання технології типу «технологія зелених будівель», яка вимагає мінімального споживання невідновлюваних природних ресурсів та енергії, дозволяє використовувати місцеві матеріали та рослинні відходи та значною мірою усуває потенційного забруднювача класичного промислового виробництва.

## 3.4. Визначення теплопровідності досліджуваних зразків інноваційних будівельних матеріалів

Теплопровідність — це здатність матеріалу пропускати тепло. Чим нижчий коефіцієнт теплопровідності (позначається грецькою літерою λ, одиниці — Вт/м·К), тим «тепліший» матеріал і тим повільніше через нього тікає тепло назовні взимку або заходить у дім влітку.

На λ впливають щільність, вологість і структура матеріалу. Пористі й сухі матеріали з повітряними порами (як газоблок) зазвичай тепліші, а щільні та вологі (як цегла чи бетон) — холодніші.

Для оцінки «теплоти» стіни важлива не лише λ, а й товщина. Тут працює просте правило:

$$R = d / \lambda, \qquad (3.1)$$

де $R$ — опір теплопередачі (м²·К/Вт),

$d$ — товщина шару (м),

$\lambda$ — теплопровідність (Вт/м·К).

Чим більше R — тим тепліше.

Таблиця 3.6

Теплопровідність популярних будівельних матеріалів

| Матеріал | Коефіцієнт теплопровідності λ, Вт/м•К | Коментар |
|---|---|---|
| Газоблок (D400 – D500) | 0,10 – 0,14 | Дуже теплий, легкий, зручний у будівництві |
| Подвійна цегла (керамічна) | 0,56 – 0,81 | Міцна, зазвичай потребує утеплення |
| Деревина (сосна) | 0,12 – 0,18 | Природня теплоізоляція, чутлива до вологи |
| Бетон | 1,30 – 1,70 | Дуже добре проводить тепло, потребує утеплення |
| Сталь | ≈45 - 58 | Миттєво проводить тепло, потребує утеплення |
| Пінопласт (EPS) | 0,032 – 0,040 | Ефективний утеплювач, легкий |
| Мінеральна вата | 0,035 – 0,045 | Добра теплоізоляція + паропроникність |

Для отриманих дослідних зразків екологічних матеріалів, які відрізнялися своїм складом, після повного висушування у природніх умовах визначали густину. Результати розрахунків наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Густина дослідних зразків екологічних будівельних матеріалів

| № зразка | Описова характеристика | Усадка, % | Густина, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|
| 1 | Глина – 83,3 %<br>Деревна тирса – 8,35 %<br>Конопляне волокно – 8,35 %.<br>Щільний на вигляд, відсутність пор, прослідкується невелика кількість рослинних домішок | 6,13 | 1360 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | Глина – 70%<br>Деревна тирса – 10%<br>Конопляна костра – 20%<br>Зразок має рихлу структуру, гарно відстежується велика кількість рослинних домішок | 0,8 | 577 |
| 3 | Глина – 80%;<br>Конопляне волокно – 20%.<br>Досить щільний на вигляд, майже не відстежується вкраплення рослинних домішок, досить складно піддавався формуванню | 8,66 | 1490 |
| 4 | Глина – 80%<br>Кострицяконопель – 20%.<br>Зразок має досить рихлу структуру, дуже гарно видно домішки конопляної костри | 6,5 | 472 |

За результатами розрахунку густини отриманих зразків та з використанням графіка залежності теплопровідності від густини матеріалу (рис. 3.8), було розраховано теплопровідність дослідних зразків екологічних будівельних матеріалів (табл. 3.8).

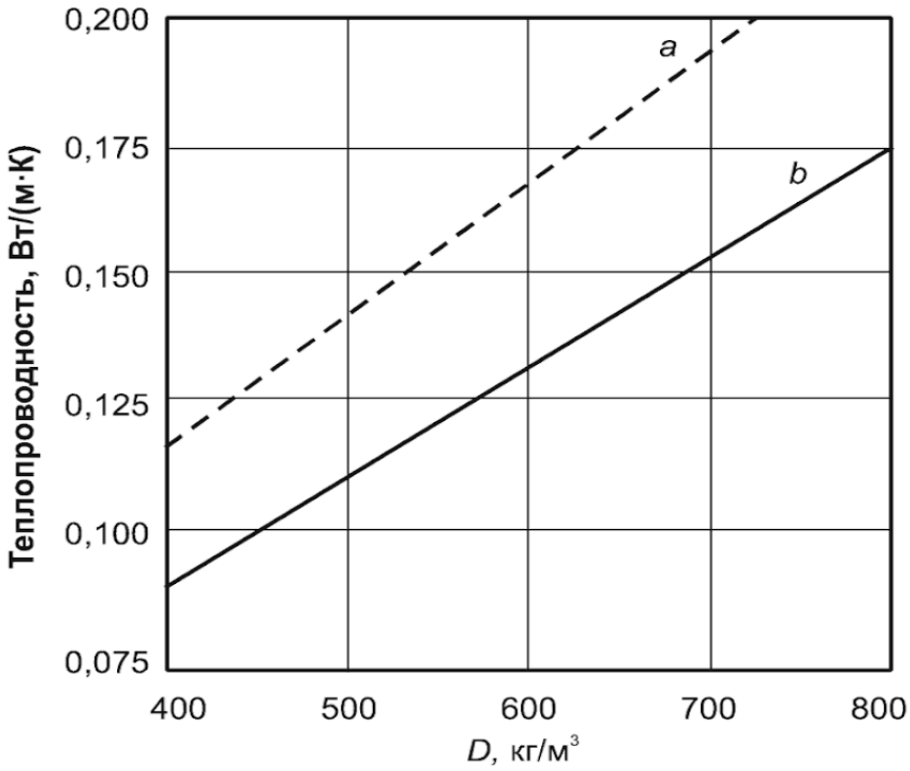


Рис. 3.8. Графік залежності теплопровідності від густини матеріалу

Таблиця 3.8

Порівняльна характеристика досліджуваних зразків за показниками густини та теплопровідності

| № зразка | Найменування показників | |
|---|---|---|
| | густина, кг/м$^3$ | теплопровідність, Вт/м•К |
| 1 | 1360 | 0,288 |
| 2 | 577 | 0,120 |
| 3 | 1490 | 0,305 |
| 4 | 472 | 0,106 |

Таким чином, за результати досліджень доводять, що зразки №2 і №4 мають найкращі показники теплопровідності, що пояснюється їх пористою структурою за рахунок наявності конопляної костри. Отже, проведені дослідження підтверджують можливість використання конопляної сировини (костри) для виготовлення екологічних будівельних матеріалів, а особливо – теплоізоляційних.

# РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

## 4.1. Поняття конкурентоспроможності товару та її складові

Теорія конкуренції вперше була обґрунтована Адамом Смітом в праці «Дослідження про природу і причини багатства народів (1776 р.), де було закладено теоретичні основи конкуренції як економічного закону ринкової системи господарювання. Конкуренція була визначена як поведінкова категорія, коли продавці та покупці змагаються на ринку за більш вигідні продажі й покупки.

Конкуренція — це економічна категорія, що проявляється на декількох рівнях, які тісно пов’язані між собою:

— конкурентоспроможність товару;

— конкурентоспроможність підприємства;

— конкурентоспроможність галузі;

— конкурентоспроможність країни.

Між цими рівнями існує тісна взаємозалежність. Теорія конкуренції виходить з того, що конкурують не країни, а окремі виробники та продавці продукції. Проте економічний успіх країни, її конкурентоспроможність визначається наявністю конкурентоспроможних галузей та виробництв.

Конкуренція змушує підприємства підвищувати якість продукції, знижувати витрати на виробництво, впроваджувати нові види товарів та удосконалювати існуючі, розширяти асортимент товарів задля максимального задоволення споживачів. Конкуренція є однією з головних характеристик ринкової економіки та вагомим фактором впливу на розвиток суспільства та рівень життя населення.

Конкурентоспроможність товару є економічною категорією, що носить характер мінливості в просторі та часі, а також прямої залежності від кон’юнктури ринку, науково-технічних досягнень в галузі.

*Конкурентоспроможність товару* — це спроможність успішної реалізації

продукції на визначеному ринку в установлений проміжок часу та її здатність бути виділеною споживачами із сукупності інших конкурентних пропозицій за рахунок властивостей та характеристик товару, його сервісної підтримці, витрат на придбання та експлуатацію товару, іміджу торгової марки.

Конкурентоспроможність товару потребує управління й постійної підтримки у зв'язку з непостійністю, значною залежністю від змін кон'юнктури ринку та впливу інших факторів маркетингового середовища.

*Конкурентна перевага* — це такі характеристики, що забезпечують підприємству-виробнику або продавцю товару перевершення над конкурентами на цільовому ринку збуту. Таке перевершення є відносним, тобто його можна визначити в порівнянні з конкурентами. Продукція, що є конкурентоспроможною на одному сегменті ринку, може мати конкурентну поразку на іншому.

*Головний (пріоритетний) конкурент на ринку* — це конкурент з найбільшою часткою ринку та найкращою позицією. Аналіз конкурентних переваг та конкурентоспроможності товару підприємства проводиться по відношенню до аналогічного продукту головного конкурента на сегменті ринку.

Існує дві основні конкурентні переваги:

— цінова — за рахунок більш низьких витрат ніж у конкурентів на виробництво та продаж продукції підприємство спроможне знижувати ціну. В даному випадку слід аналізувати можливу поведінку конкурентів, що можуть також знизити ціну, та пам'ятати, що існує межа знижування ціни, коли вже продавати за такою ціною продукт є невигідним;

— диференціація — це спроможність підприємства забезпечити споживача унікальними якостями продукту, його особливими властивостями або сервісом, що є важливим для споживача та відрізняє цю пропозицію від конкурентних. Це більш ефективний вид забезпечення конкурентних переваг, адже конкуренти не можуть так швидко, як при цінової конкуренції, відреагувати. Досягнення значного відриву від конкурентів можливо за рахунок інноваційної, маркетингової діяльностей.

Вибір конкурентної стратегії потребує чіткого уявлення цільової групи

споживачів та їх потреб. Диференціація надає змогу значно виділитися серед конкурентних пропозицій та створити власну нішу на ринку. Таким чином працює Цирк Дю Солей (Cirque du Soleil), який не має прямих конкурентів, бо об'єднує цирк та театральні постановки, має особливі номера. Авіакомпанія Virgin Atlantic має особливий сервіс для пасажирів першого та бізнес-класу, їх навіть забезпечують перевезення в аеропорт та з аеропорту на лімузинах. Для бренду годинників Swatch був зроблений акцент на дизайн продукції при жорсткої економії на витратах на виробництво. Виділяють диференціацію продуктову, сервісну, персоналу, іміджу. Атрибути за якими проводиться диференціація повинні відрізнятися від атрибутів конкурентів.

Диференціація не завжди є успішною. До невдачі можуть призвести наступні причини:

1) некорисна диференціація — характеристики диференціації є неважливими для споживача, вони не приносять вигід ні по показникам функціонування, на по витратам.

2) неекономічна диференціація — витрати на дослідження ринку, додаткові властивості та характеристики товару, розширення товарної лінії можуть перевищити цінову надбавку, яку можна отримати.

3) диференціація, яку не бачать — товар підприємства перевищує аналогічний товар конкурента за важливими споживчими цінностями, проте споживачу про це невідомо або він не сприймає цю цінність як таку. В тому випадку, коли споживачам важко оцінити товари та коли вони їх рідко купують, підприємство повинно їм допомогти порівняти між собою альтернативні вироби та зробити акценти на ті фактори, що диференціюють продукцію.

До показників конкурентоспроможності продукції відносяться:

*1) показники споживчих якостей товару (технічні параметри)* — призначення, технологічності, надійності, ергономічні, естетичні, безпеки, екологічності, патентно-правові;

*2) економічні показники (ціна споживання)* — ціна товару та сума витрат на його експлуатацію за термін служби;

*3) показники сервісу* (доставка, монтаж, обслуговування, навчання персоналу);

*4) показники іміджу товарної марки та товаровиробника.*

При управлінні маркетинговою товарною політикою слід ретельно приділяти увагу підвищенню конкурентоспроможності продукції підприємства та ефективно використовувати його конкурентний потенціал.

*Конкурентний потенціал підприємства* — це потенційна можливість та спроможність організації розробляти, виробляти, виводити на ринок та успішно реалізовувати продукцію, що за споживчими характеристиками є кращою ніж у конкурентів та більш привабливою для споживачів.

## 4.2. Ціна в системі ринкових характеристик товару

Кожен товар має дві характеристики: споживчу вартість та вартість. Споживча вартість характеризує комплекс корисних властивостей товару для покупця, його можливість задовольняти потреби споживача. Це важлива характеристика при визначенні поняття товару у маркетингу.

Якщо споживач має альтернативу вибору серед однакових товарів (за якістю, сервісом, витратами часу на придбання продукції), він обере той, що найменше коштує. При однакових цінах споживач обрав би товар з найвищою корисністю. Проте в реальних умовах він обирає той, що має найвищу цінність для нього, тобто оптимальніше поєднує ціну та корисність.

*Споживча цінність товару* розглядається з двох позицій:

— це сукупність вигід, які отримує споживач, коли купує та споживає товар;

— це максимальна ціна, яку покупець розцінює як вигідну для оплати за товар.

Різниця між споживчою цінністю товару та ціною, за яку він був реально придбаний, є *запасом конкурентоспроможності товару*. Для споживача це є отриманою даром часткою споживчої цінності, а для продавця — кількісною

мірою конкурентоспроможності його товару.

*Сукупна споживча цінність* — це комплекс цінності товару, послуг, сервісу, образу товару. Вона охоплює функціональну, економічну та емоційну складові. Функціональна цінність товару — це вигоди, які отримує споживач від показників якості, які характеризують його технічну досконалість. Економічна цінність — це вигода, яку отримує споживач при можливості мінімізації ціни споживання — суми ціни придбання товару та витрат на його експлуатацію. Емоційна цінність — це вигода, яка характеризує викликані емоції у споживача, при купівлі та споживанні товару.

*Сукупні витрати споживача* — це сума грошових витрат, витрат часу, енергетичних та психологічних витрат на придбання товару.

*Надана споживча цінність* — це «вигода споживача», різниця між сукупною споживчою цінністю та сукупними витратами на придбання товару (рис. 4.1).

Споживач прагне до придбання продукції з найвищою наданою споживчою цінністю.




Рис. 4.1. Формування наданої споживчої цінності

Підприємства можуть встановлювати ціни на товари на основі їх сприйняття цінності споживачами. Таке ціноутворення вимагає встановлення ціни до проєктування товару та планування маркетингової програми. Для цього аналізують споживчі потреби та сприйняття споживачами цінності товару, що

планується. Проте це непросто, в результаті підприємство може переоцінити або недооцінити свою продукцію.

### 4.3. Вплив сервісу на конкурентоспроможність продукції підприємства

Сервіс є важливою частиною маркетингової товарної політики, елементом конкурентоспроможності товару. Система обслуговування надає допомогу споживачам у процесі покупки та експлуатації товару, підтримує працездатність товару протягом терміну його служби, підвищує довіру споживачів до товаровиробника та до якості товару.

Сервіс розділяють на три різновиди в залежності від періоду здійснення:

1) передпродажний — підготовка товару для надання споживачу;

2) гарантійний — послуги, пов’язані з прийнятою на гарантійний термін відповідальністю;

3) післягарантійний — виконання тих самих послуг, що і в гарантійний період, але за плату.

Гарантійний та післягарантійний сервіс відноситься до післяпродажного сервісу. Доходи від нього можуть бути значними. Наприклад, основні доходи автомобільні компанії отримують не від продажу, а від післяпродажного обслуговування від операцій trade-in, які надають можливість обміняти старий автомобіль на новий з доплатою. В першу чергу це відноситься к насиченим ринкам. Частка доходів від операцій trade-in у деяких офіційних дилерів досягають 30-35%.

Технічне обслуговування є гарантійним, якщо споживач не оплачує ремонт, заміну деталей придбаного товару. Гарантійний термін відображається в супровідній документації на товар. Більш високий термін гарантії є характерним для товарів високої якості з високими параметрами надійності. В деяких випадках, на різні деталі товару термін гарантії може варіюватися.

До післяпродажного сервісу відноситься доставка, монтаж, технічне обслуговування і ремонт, поставка запасних частин.

Сервіс може надаватися посередницькими організаціями, з якими укладено договори. Зі свого боку, підприємство-виробник здійснює контроль якості та тарифів надання послуг.

Для підвищення ефективності діяльності, посилення конкурентоспроможності, більш повного задоволення потреб споживачів підприємства створюють служби підтримки покупців. Їх функції полягають в інформаційній підтримці споживачів, координації технічного обслуговування та інших додаткових послуг, розгляді рекламацій. Можуть бути створені «гарячі» телефонні лінії для надання інформації споживачам та прийняття жалоб, пропозицій, рекомендацій. Аналіз інформації, що поступає при комунікаціях зі споживачами є основою для покращання продукції, сервісу.

Сервіс є важливим елементом товарної політики підприємств, які пропонують продукцію для промислового ринку. Він поділяється на технічний і торгівельний. До технічного обслуговування відноситься монтаж, допомога у відновленні функцій товару, вирішення проблем з його експлуатацією, технічне обслуговування, ремонт, поставка запасних частин. До торгівельного обслуговування відноситься консультації, інформування, доставка.

Забезпечення високого рівня сервісу є важливим фактором конкурентоспроможності продукції підприємства на зовнішніх ринках. В умовах міжнародного маркетингу слід встановити оптимальне співвідношення між набором сервісних послуг на кожному ринку та витратами на їх організацію. На формування переліку послуг вплинуть традиції споживання товару, що склалися в певній країні, регіоні, рівень культури та купівельна спроможність споживачів.

Фірмам, що працюють на виробничому ринку та реалізують обладнання, верстати, при виході на зарубіжні сегменти, слід враховувати, що транспортування, установка, організація споживання можуть бути вирішальними для споживача при виборі устаткування. Слід вирішити, як буде організовано технічне обслуговування (власними силами, за допомогою посередників) , як організувати навчання персоналу.

Для забезпечення своєчасного та якісного обслуговування необхідна

наявність відповідних запасних частин і матеріалів. Це вимагає наявності складів. Зазвичай на зарубіжних ринках на них зберігаються ті деталі, які потребуються частіше. Останні транспортуються під замовлення з країни виробника.

## 4.4. Оцінка конкурентоспроможності досліджуваних зразків інноваційних будівельних матеріалів

Для оцінювання конкурентоспроможності отриманих зразків екологічних будівельних матеріалів на основі глини та рослинної сировини проводили порівняння за найбільш важливими нормативними показниками та споживними властивостями:

- вартість матеріалу;
- екологічність;
- теплоізоляція;
- міцність на стиск;
- стійкість до вологи;
- довговічність;
- складність виробництва;
- складність кладки;
- вогнестійкість;
- доступність матеріалу.

Проведені дослідження з оцінки конкурентоспроможності представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Оцінка конкурентоспроможності будівельних матеріалів

| Критерій | Інноваційні екологічні матеріали (типу саман) | Керамічна цегла | Газобетон | Шлакоблок |
|---|---|---|---|---|
| Вартість матеріалу | Дуже низька | Висока | Середня–висока | Низька–середня |
| Екологічність | Висока (натуральні компоненти) | Висока (натуральна глина, але з енергозатратним випалом) | Середня (мінеральні компоненти + автоклавна обробка) | Низька (вторинні відходи, хімічні домішки) |
| Теплоізоляція | Висока (λ=0,25–0,35 Вт/м·К) | Середня (λ=0,5–0,7 Вт/м·К) | Дуже висока (λ=0,12–0,16 Вт/м·К) | Низька–середня (λ=0,4–0,6 Вт/м·К) |
| Міцність на стиск | 1–3 МПа | 10–20 МПа | 2,5–5 МПа | 3–7 МПа |
| Стійкість до вологи | Низька, потребує штукатурки/облицювання | Висока | Середня (потребує гідроізоляції) | Середня (потребує захисту) |
| Довговічність | 50–70 років (при захисті від вологи) | 100+ років | 50–80 років | 40–60 років |
| Складність виробництва | Дуже низька (можна виготовити вручну) | Висока (промислове виробництво) | Висока (автоклави, спеціальне обладнання) | Середня (вібраційне пресування) |
| Складність кладки | Середня | Середня (дрібні елементи) | Низька (великі легкі блоки) | Низька–середня |
| Вогнестійкість | Висока | Висока | Висока | Висока |
| Доступність матеріалу | Залежить від регіону, часто виготовляють на місці | Дуже висока | Висока | Висока |

Таким чином, основні переваги і недоліки інноваційних будівельних матеріалів (типу саман) можна представити у вигляді сильних і слабких сторін.

**Сильні сторони:**

- дешева сировина
- повна екологічність
- високі теплоізоляційні властивості
- простота виготовлення на місці

**Слабкі сторони:**

- низька міцність порівняно з іншими матеріалами
- слабка вологостійкість (потрібен зовнішній захист)
- обмежена висотність будівель

**Конкурентні ніші:**

- екологічне будівництво
- малоповерхові приватні будинки, дачі, господарські споруди
- регіони з теплим або помірним кліматом, де легко отримати глину та солому.

Графічна інтерпретація оцінки конкурентоспроможності будівельних матеріалів подана на рис. 4.2.

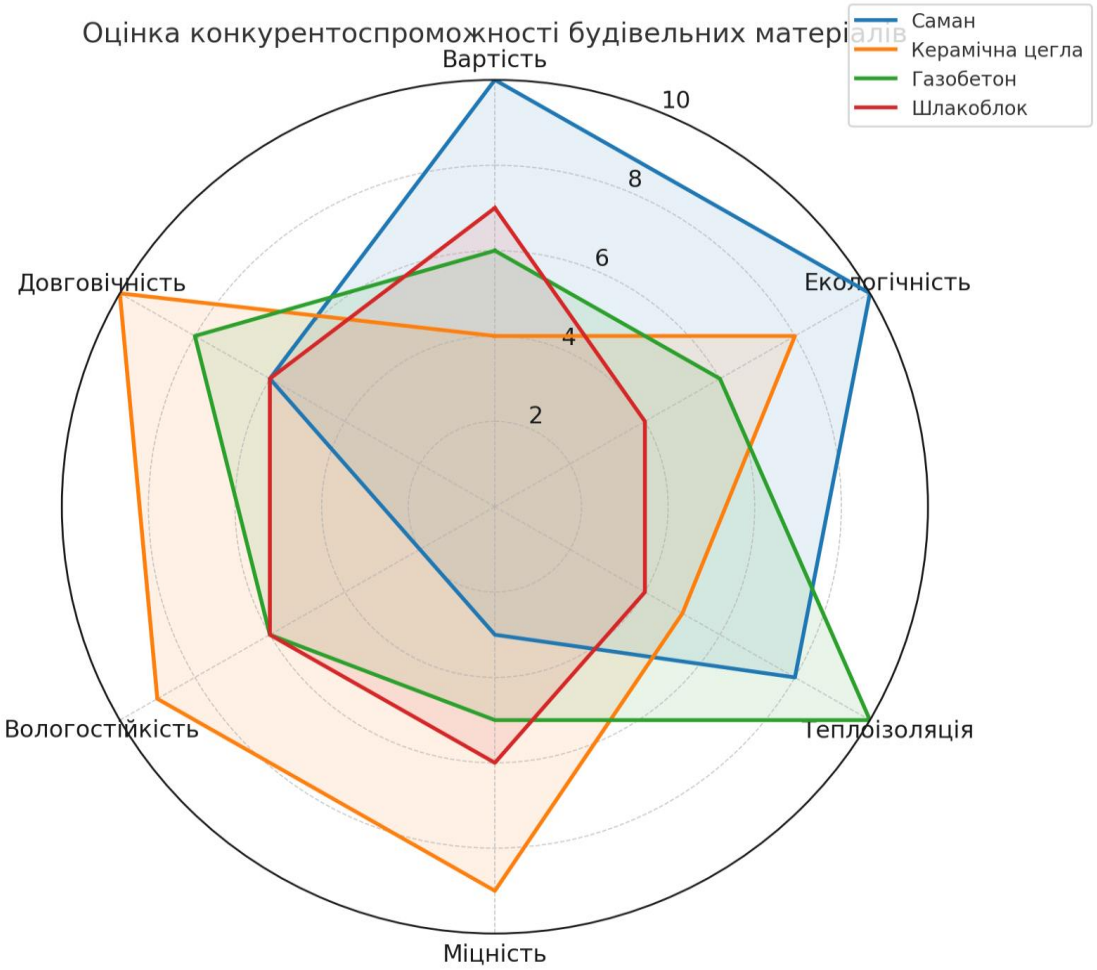



Рис. 4.2. Графік оцінки конкурентоспроможності будівельних матеріалів

Отже, інноваційні будівельні матеріали (типу саман) є досить конкурентоспроможними порівняно з існуючими матеріалами за рахунок їх невеликої вартисті виробництва, легкості укладання, доступності сировини, екологічності, а також високим теплоізоляційним властивостям.

# РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Умови праці – найважливіша соціально-економічна категорія, показник соціального і технічного прогресу суспільства. Вони розподіляються на сприятливі і несприятливі. Межа між ними умовна і рухлива, що визначається різними показниками, які встановлюються офіційними документами (стандартами, нормами, правилами).

## 5.1. Про специфіку і роль гігієни та безпеки праці в будівництві

Ці особливості умов праці будівельників визначають специфіку і роль санітарної гігієни і безпеки праці в будівництві. Всі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які зустрічаються в будівництві можна об'єднати в єдину систему (небезпечні, як правило, приводять до травм, тобто до порушення цілісності тканин організму; шкідливі – до професійних захворювань і отруєнь, а іноді і до травм):

1. Порушення нормальних метеорологічних умов (обмороження, теплові удари);
2. Шум (шумове захворювання, глухота);
3. Вібрація (вібраційне захворювання, неврози);
4. Запиленість (пневмоканіози, сілікатози);
5. Загазованість (отруєння, захворювання шкіри);
6. Підвищений або понижений барометричний тиск (кесонне захворювання, крововилив);
7. Незадовільне освітлення (послаблення зору, вірогідність травматизму);
8. Дія променистої енергії високої інтенсивності – інфрачервоне випромінювання, струми високої частоти (захворювання зору);

9. Дія іонізуючих випромінювань радіоактивних речовин, ізотопів, рентгенівських променів (захворювання шкіри, рак, екзема, виразки, променеве захворювання);

10. Систематичне перенапруження окремих груп м’язів при важких ручних роботах (розширення вен, неврити, артрити, грижа);

11. Машини, механізми, що рухаються; вироби, конструкції, що пересуваються;

12. Обрушення земляних споруд;

13. Розташування робочих місць на висоті, падіння предметів з висоти.

14. Причини виробничого травматизму, їх класифікація.

## 5.2. Особливості роботи на будівництві

Робота будівельників наближається до роботи високомеханізованих виробничих підприємств. Але у будівельників є свої специфічні особливості, які потребують певного підходу до вирішення проблем безпеки. До цих особливостей відносяться

– робота просто неба (важко створити нормальні метеорологічні умови на робочих місцях);

– постійне переміщення робочих місць і знарядь праці (треба знову вирішувати питання безпеки праці);

– значні фізичні витрати (підвищена увага до виробничої ситуації, що постійно змінюється);

– робота на висоті, часто без освітлення і в поганих метеорологічних умовах;

– поєднання професій, необхідність використання робочих різних будівельних управлінь.

## 5.3. Контроль за станом охорони праці в будівництві

Оперативний контроль з боку керівників робіт і підрозділів підприємства проводиться згідно із затвердженими посадовими обов'язками.

На сьогодні в будівництві може бути запропонована така умовна класифікація причин травматизму:

1. Виробничо-технічні: пов'язані з порушенням технологій виробництва чи неправильною експлуатацією техніки та інструментів.

2. Організаційні причини: відсутність або незадовільне проведення інструктажів і навчання; відсутність проєкту виробництва робіт, інструкції з безпеки праці, керівництва і нагляду за роботою, незадовільний режим праці і відпочинку; неправильна організація робочих місць, руху пішоходів і транспорту; відсутність або невідповідність умовам роботи спецодягу, засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

3. **Технічні причини** – їх поділяють на *конструкторські*, *технологічні* і *незадовільне технічне обслуговування*:

**а)** конструкторські причини: невідповідність вимогам безпеки будівельних конструкцій, технологічного устаткування, транспортних і енергетичних приладів; незадовільність конструкцій монтажного оснащення, ручного і переносного механізованого інструменту; відсутність або недосконалість захисних запобіжних пристроїв та інших технічних засобів безпеки;

**б)** технологічні причини: неправильний вибір устаткування, оснащення, вантажопідіймальних засобів і засобів механізації, порушення технологічного процесу;

**в)** незадовільне технологічне обслуговування: відсутність планових технологічних оглядів, технічних доглядів і ремонту устаткування, оснащення і транспортних засобів; зіпсованість ручного і переносного механізованого інструменту.

## 5.4. Правила на будівельному майданчику

На будівельному майданчику бригадир зобов’язаний забезпечити високу трудову дисципліну серед членів бригади і вимагати від робітників виконання правил внутрішнього розпорядку та правил безпеки праці.

До початку роботи бригадир повинен:

– перевірити готовність робочих місць до виробництва робіт;
– перевірити забезпеченість робочих бригади справним ручним і механізованим інструментом і засобами;

– перевірити, чи не чи пройшов термін повторного випробування необхідних для виконання робіт механізмів, устаткування тощо;

– перевірити, щоб всі члени бригади були забезпечені спецодягом, спецвзуттям, захисними засобами, будівельними касками, рукавицями, і т.п.;

– упевнитися в правильному і безпечному збереженні і складуванні матеріалів, пожежо – і вибухонебезпечних рідин та іншого обладнання, щоб уникнути нещасних випадків;

– отримати дозвіл у виконроба на виконання робіт на тій чи іншій дільниці (захватці), при цьому робиться запис у журналі.

Під час виконання робіт бригадир зобов’язаний:

– не допускати захаращення робочих місць, проходів, проїздів;

– стежити за виконанням кожним членом бригади обов’язків з безпеки праці, за кожне порушення застосовувати заходи дії і доповідати виконробові або майстру;

– стежити за робочою і виробничою дисципліною, не допускати сторонніх осіб на робочі місця, у виробничі та побутові приміщення, а також осіб у нетверезому стані;

– стежити, щоб з електрозварювальним, електрифікована, пневматичним інструментом, газогенераторами та іншим обладнанням працюють навчені робітники зі спеціальним посвідченням;

– стежити за безпечним веденням робіт.

# ВИСНОВКИ

В роботі проаналізувано сучасний ринок інноваційних будівельних матеріалів, розглянуті перспективи їх використання у зеленому будівництві, досліджено процес формування споживчих властивостей екологічних стінових матеріалів на основі глиняної сировини та рослинних домішок.

Досліджено спосіб визначення оптимального додавання рослинних матеріалів, конопляного волокна або соломи, враховуючи при цьому основні фактори, яких слід дотримуватися для отримання піщано-глиняної цегли: осьове усадження, відсутність тріщин, об'ємна густина, механічна міцність та теплові характеристики.

Експериментальні результати показали зниження оброблюваності, усадки, об'ємної щільності, ризику руйнування та теплопровідності зі збільшенням кількості рослинного матеріалу в суміші. Одночасно зі збільшенням кількості рослинного матеріалу в суміші, з точки зору механічної міцності, спостерігається зміна, яку не можна визначити постійною тенденцією. Таким чином, збільшення вмісту конопляного волокна викликає зміну опору стиску та постійне збільшення міцності на розтяг при вигині. Збільшення вмісту соломи призводить до зниження міцності на стиск та зміни міцності на розтяг.

Одночасно аналізуючи всі параметри використаної глиняної суміші, було встановлено оптимальний діапазон додавання конопляних волокон – 9-10% об'ємних відсотків. З точки зору теплопровідності було встановлено, що ці глиняні суміші порівнюються з бетоном з натурального заповнювача, перлітобетоном, гранулітобетоном густиною 1000 кг/м$^3$ або цегляними елементами кладки ВСА типу GBN 50.

У роботі розглянуто можливість використання технології типу «технологія зелених будівель», яка вимагає мінімального споживання невідновлюваних природних ресурсів та енергії, дозволяє використовувати місцеві матеріали та рослинні відходи та значною мірою усуває потенційного забруднювача класичного промислового виробництва.

Основні переваги і недоліки інноваційних будівельних матеріалів (типу саман) представлені у вигляді сильних і слабких сторін.

**Сильні сторони:**

- дешева сировина
- повна екологічність
- високі теплоізоляційні властивості
- простота виготовлення на місці

**Слабкі сторони:**

- низька міцність порівняно з іншими матеріалами
- слабка вологостійкість (потрібен зовнішній захист)
- обмежена висотність будівель

**Конкурентні ніші:**

- екологічне будівництво
- малоповерхові приватні будинки, дачі, господарські споруди
- регіони з теплим або помірним кліматом, де легко отримати глину та солому.

Отже, інноваційні будівельні матеріали (типу саман) є досить конкурентоспроможними порівняно з існуючими матеріалами за рахунок їх невеликої вартисті виробництва, легкості укладання, доступності сировини, екологічності, а також високим теплоізоляційним властивостям.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Эванс Я., Смит Дж.М., Смайли Л. Дом из самана. Философия и практика. – «Рідна земля», 2004.

2. http://lopens.com/ecohata/pages/stattia8.html Солом'яний екобудинок Є. Широкова з нульовим енергоспоживанням. Матеріал із сайту Udivitelno. com

3. Єременко Л.К. Дезурбанізація: головний напрям містобудування майбутнього? // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Науково-технічний збірний. – К.: КНУБА -2008 – Випуск 20 – С.12-23.

4. M. Joachim, J. Arbona, L. Greden. Fab Tree Hab 306090 08: Autonomous Urbanism/ Kjersti Monson & Alex Duval. – New York: Princeto Architectural Press, 2005.

5. Білоусова К. Не відходи, а ресурси: що робити з мільярдами тонн металургійних шлаків України. Ecopolitic.com.ua Режим доступу: https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ne-vidhodi-a-resursi-shho-robiti-z-milyardami-tonn-metalurgijnih-shlakiv-ukraini/

6. Meshram S., Raut S.P., Ansari K. et al. Waste slags as sustainable construction materials: a compressive review on physico mechanical properties/ Meshram S., Raut S.P., Ansari K. et al. // Journal of Materials Research and Technology. − 2023. − Volume 23. − P. 5821-5845. DOI: 10.1016/j.jmrt.2023.02.176

7. Tripathy S. K,, Dasu J., Murthy Y. R. et al. Utilisation perspective on water quenched and air-cooled blast furnace slags/Tripathy S. K,, Dasu J., Murthy Y. R. et al. // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Volume 262. − P.121354. : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620314013

8. Himabindu M., Raj V. H., Dutt A. et al. Recycling Waste into Building Materials: Innovations and Prospects in Brick Production for Sustainable Construction/Himabindu M., Raj V. H., Dutt A. et al.// 3rd International Conference on Applied Research and Engineering (ICARAE2023). E3S Web of Conferences. Volume 505, 04001 (2024) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450504001

9. Rehman M. U., Ahmad M., Rashid K. Influence of fluxing oxides from waste on the production and physico-mechanical properties of fired clay brick: A review/ Rehman M. U., Ahmad M., Rashid K.// Journal of Building Engineering. − 2020. − Volume 27. – P. 100965. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100965

10. Bahobail MA. The Mud Additives and Their Effect on Thermal Conductivity of Adobe Bricks. J of Engineering Sciences 2012; 40:1. 21-34.

11. Baskar R, Meera Sheriffa Begum KM, Sundaram S. Characterization and Reuse of Textile Effluent Treatment Plant Waste Sludge in Clay

12. Bricks. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy 2006; 41:4. 473-478.

13. Binici H, Aksogan O, Shah T. Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. Construction and Building Materials 2005; 19: 4. 313-318.

14. Binici H, Aksogan O, Bodur MN, Akca E, Kapur S. Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as well as materials. Construction and Building Materials 2007; 21: 4. 901-906.

15. Bui QB., Morel JC, Hans S, Meunier S. Compression behaviour of non-industrial materials in civil engineering by three scale experiments: the case of rammed earth. Materials and Structures 2009; 42: 8. 1101-1116.

16. Bui QB, Morel JC, Venkataram Reddy BV, Ghaya W. Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering. Building and Environment 2009; 44:5. 912–919.

17. Burroughs S. Soil Property Criteria for Rammed Earth Stabilization. Journal of Materials in Civil Engineering 2008; 20:3. 264-273.

18. C l tan G, Hegyi A, Mircea C. Ecological materials for construction. In Proceedings of the 14th Int. Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO – SGEM 2014, Albena, Bulgaria, Sec.: 26. Green Buildings Technologies and Materials. 89-96.

19. C l tan G, Hegyi A, Dico C, Mircea C. Additives Influence on the Earth Characteristics Used in Vernacular Construction. In Proceedings of 10th edition of the

Int. Conf. Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management ELSEDIMA.

20. Chan CM. Effect of natural fibres inclusion in clay bricks: physico-mecanical properties. International Journal of Civil EnvironmentalьEngineering 2011; 3:1. 51-57.

21. Deboucha S, Hashim R. A review on bricks and stabilized compressed earth blocks. Scientific Research and Essays 2011; 6:3. 499-506.

22. Jayasinghe C, Kamaladasa N. Compressive strength characteristics of cement stabilized rammed earth walls. Construction and Building Materials 2007; 21:11. 1971-1976.

23. Karim MdR, Zain Muhammad FM, Jamil M, Lai Fook C, Islam MdN. Use of Wastes in Construction Industries as an Energy Saving Approach. Energy Procedia 2011; 12:. 915-919.

24. Kiroff L, Roedel H. Sustainable Construction Technologies: Earth Buildings in New Zealand. In Proceeding of Second Internatiol Conference of Sustenable Constructions Materials and Technologies, Ancona Italia, 2010; 1:.

25. Love S. The Geoarchaeology of Mudbricks in Architecture: A Methodological Study from Catalhoyuk, Turkey. Geoarchaeology: An International Journal 2012; 27:. 140–156.

26. Maniatidis V, Walker P. Structural Capacity of Rammed Earth in Compression. J. of Materials in Civil Engineering 2008; 20:3. 230-238.

27. Minke G, Building with earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser – Publishers for Architecture Basel Berlin Boston; 2005. p. 15-47, 55-68, 92-103.

28. Quagliarini W, Lenci S. The influence of natural stabilisers and natural fibres on the mechanical properties of ancient Roman adobe bricks. Journal of Cultural Heritage2010; 11:1. 309-314.

29. Venkatarama Reddy BV, Prasanna Kumar P. Cement stabilised rammed earth. Part B: compressive strength and stress–strain characteristics. Materials and Structures 2011, 44:. 695 – 707.

30. Vural N, Vural S, Engin N, Sumerkan MR. Eastern Black Sea Region. A sample of modular design in the vernacular architecture. Building and environment 2007; 42:. 2746 – 2761.

31. Yetgin , Çavdar O, Çavdar A. The effects of the fibre contents on the mechanic properties of the adobes. Construction and Building Materials 2008; 22: 3. 222-227.

32. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель

33. ДСТУ Б В.2.7-45:2010 Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Технічні умови

34. ДСТУ Б В.2.7-56:2010 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні зі скляного штапельного волокна. Технічні умови

35. ДСТУ Б В.2.7-150:2008 Будівельні матеріали. Пінополіуретани монтажні (монтажні піни). Загальні технічні умови

36. ДСТУ Б В.2.7-157:2008 Будівельні матеріали. Пісок і щебінь перлітові спучені. Технічні умови

37. ДСТУ Б В.2.7-164:2008 Будівельні матеріали. Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови

38. ДСТУ Б В.2.7-167:2008 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому. Загальні технічні умови (EN 13162:2001, NEQ)

39. ДСТУ Б В.2.7-169:2008 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати ла-мельні. Технічні умови (EN 13162:2001, NEQ)

40. ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах

41. ДСТУ Б В.2.7-195:2009 Будівельні матеріали. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Номенклатура показників

42. ONU. World Population Prospects 2019; ONU: San Francisco, CA, USA, 2019; ISBN 9789211483161.

43. IEA Perspectives for Clean Energy Transition. The Critical Role of Buildings; International Energy Agency: Paris, France, 2019;

Volume 117.

44. Global CCS Institute. Global CCS Global Status Report 2021; Global CCS Institute: Melbourne, Australia, 2021.

45. U. S. Department of Energy. Chapter 5: Increasing Efficiency of Building Systems and Technologies. In Quadrennial Technology Review, An Assessment of Energy Technologies and Research Opportunities; U.S. Department of Energy: Washington, DC, USA, 2015; pp. 143–181.

46. Jannat, N.; Hussien, A.; Abdullah, B.; Cotgrave, A. Application of Agro and Non-Agro Waste Materials for Unfired Earth Blocks Construction: A Review. Constr. Build. Mater. 2020, 254, 119346. [CrossRef]

47. Niyomukiza, J.B.; Nabitaka, K.C.; Kiwanuka, M.; Tiboti, P.; Akampulira, J. Enhancing Properties of Unfired Clay Bricks Using Palm Fronds and Palm Seeds. Results Eng. 2022, 16, 100632. [CrossRef]

48. El Fgaier, F.; Lafhaj, Z.; Brachelet, F.; Antczak, E.; Chapiseau, C. Thermal Performance of Unfired Clay Bricks Used in Construction in the North of France: Case Study. Case Stud. Constr. Mater. 2015, 3, 102–111. [CrossRef]

49. Türkmen, I.; Ekinci, E.; Kantarcı, F.; Sarıcı, T. The Mechanical and Physical Properties of Unfired Earth Bricks Stabilized with Gypsum and Elazı˘g Ferrochrome Slag. Int. J. Sustain. Built Environ. 2017, 6, 565–573. [CrossRef]

50. Zak, P.; Ashour, T.; Korjenic, A.; Korjenic, S.; Wu, W. The Influence of Natural Reinforcement Fibers, Gypsum and Cement on Compressive Strength of Earth Bricks Materials. Constr. Build. Mater. 2016, 106, 179–188. [CrossRef]

51. Teixeira, E.R.; Machado, G.; De Adilson, P.; Guarnier, C.; Fernandes, J.; Silva, S.M.; Mateus, R. Mechanical and Thermal Performance Characterisation of Compressed Earth Blocks. Energies 2020, 13, 2978. [CrossRef]

52. Kasinikota, P.; Tripura, D.D. Evaluation of Compressed Stabilized Earth Block Properties Using Crushed Brick Waste. Constr. Build. Mater. 2021, 280, 122520. [CrossRef]

53. Masuka, S.; Gwenzi, W.; Rukuni, T. Development, Engineering Properties and Potential Applications of Unfired Earth Bricks Reinforced by Coal Fly Ash, Lime and Wood Aggregates. J. Build. Eng. 2018, 18, 312–320. [CrossRef]

54. Mahdad, M.; Benidir, A. Hydro-Mechanical Properties and Durability of Earth Blocks: Influence of Different Stabilisers and Compaction Levels. Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev. 2018, 9, 44–60. [CrossRef]

55. Mahdad, M.; Benidir, A.; Brara, A. Experimental Assessment of Mechanical Behavior of a Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB) and Walls. J. Mater. Eng. Struct. 2021, 8, 95–110.

56. Ruiz, G.; Zhang, X.; Edris, W.F.; Cañas, I.; Garijo, L. A Comprehensive Study of Mechanical Properties of Compressed Earth Blocks. Constr. Build. Mater. 2018, 176, 566–572. [CrossRef]

57. Ávila, F.; Puertas, E.; Gallego, R. Characterization of the Mechanical and Physical Properties of Stabilized Rammed Earth: A Review. Constr. Build. Mater. 2022, 325, 126693. [CrossRef]

58. Hafez, R.D.A.; Tayeh, B.A.; Abd-Al Ftah, R.O. Development and Evaluation of Green Fired Clay Bricks Using Industrial and Agricultural Wastes. Case Stud. Constr. Mater. 2022, 17, e01391. [CrossRef]

59. Kazmi, S.M.S.; Abbas, S.; Saleem, M.A.; Munir, M.J.; Khitab, A. Manufacturing of Sustainable Clay Bricks: Utilization of Waste Sugarcane Bagasse and Rice Husk Ashes. Constr. Build. Mater. 2016, 120, 29–41. [CrossRef]

60. Ayodele, T.R.; Alao, M.A.; Ogunjuyigbe, A.S.O. Recyclable Resources from Municipal Solid Waste: Assessment of Its Energy, Economic and Environmental Benefits in Nigeria. Resour. Conserv. Recycl. 2018, 134, 165–173. [CrossRef]

61. Kazmi, S.M.S.; Munir, M.J.; Patnaikuni, I.; Wu, Y.F.; Fawad, U. Thermal Performance Enhancement of Eco-Friendly Bricks Incorporating Agro-Wastes. Energy Build. 2018, 158, 1117–1129. [CrossRef]

62. Limami, H.; Manssouri, I.; Cherkaoui, K.; Khaldoun, A. Mechanical and Physicochemical Performances of Reinforced Unfired Clay Bricks with Recycled Typha-Fibers Waste as a Construction Material Additive. Clean. Eng. Technol. 2021, 2, 100037. [CrossRef]

63. Hai Alami, A. Experiments on Unfired Masonry Clay Bricks Mixed with Palm Fronds and Date Pits for Thermal Insulation Applications. J. Renew. Sustain. Energy 2013, 5, 023136. [CrossRef]

64. Khoudja, D.; Taallah, B.; Izemmouren, O.; Aggoun, S.; Herihiri, O.; Guettala, A. Mechanical and Thermophysical Properties of Raw Earth Bricks Incorporating Date Palm Waste. Constr. Build. Mater. 2021, 270, 121824. [CrossRef]

65. Babé, C.; Kidmo, D.K.; Tom, A.; Mvondo, R.R.N.; Boum, R.B.E.; Djongyang, N. Thermomechanical Characterization and Durability of Adobes Reinforced with Millet Waste Fibers (Sorghum bicolor). Case Stud. Constr. Mater. 2020, 13, e00422. [CrossRef]

66. Ashour, T.; Korjenic, A.; Korjenic, S.; Wu, W. Thermal Conductivity of Unfired Earth Bricks Reinforced by Agricultural Wastes with Cement and Gypsum. Energy Build. 2015, 104, 139–146. [CrossRef]