

# ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ ТИПУ ДАХУ ПРИ НОВОМУ БУДІВНИЦТВІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Визначено актуальність, мету, об'єкт та предмет магістерської кваліфікаційної роботи. Поставлені задачі подальших досліджень. Виконаний аналіз факторів, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень при виборі енергоефективної покрівлі з використанням теорії нечіткої логіки.*

**Ключові слова:** дах, покрівля, критерій оцінки, вартість, довговічність, теорія нечіткої логіки, аналіз факторів.

## Abstract

*The relevance, purpose, object and subject of the master's qualification thesis are determined. Tasks for further research are set. The analysis of factors was carried out, that influence the adoption of organizational and economic decisions when choosing an energy-efficient roof using the theory of fuzzy logic*

**Keywords:** roof, roofing, evaluation criteria, cost, durability, fuzzy logic theory, factor analysis.

## Вступ

**Актуальність теми.** У процесі експлуатації будівель і споруд особливу увагу необхідно приділяти технічному стану покрівель, техніко-економічні показники яких визначаються якістю використаних матеріалів, конструкцією покриття, технологією влаштування і організацією виробництва робіт.

У загальному обсязі робіт по влаштуванню покрівель частка покриттів з використанням м'яких покрівельних матеріалів становить близько 60%, а в покриттях промислових будівель і споруд - 90%.

Існує широкий спектр матеріалів з яких виконуються покрівельні покриття. Вони відрізняються як за експлуатаційними характеристиками, так і за вартістю. Вибір матеріалів обумовлює застосування тих чи інших конструкцій покриття. Конструкції розрізняються як за термінами служби, так і за експлуатаційними витратами. Залежно від використаних матеріалів і конструкцій підбирається технологія влаштування покрівлі. Технологічні процеси можуть бути виконані із застосуванням різних схем організації робіт. Оптимізація та поєднання перерахованих вище факторів дозволяє підвищити ефективність покрівельних робіт в контексті індивідуальних особливостей і умов кожного з об'єктів.

При виконанні робіт з влаштування покрівлі може бути виконано додаткове утеплення покриття. Можливість зниження експлуатаційних витрат по будівлях і спорудах – так само повинна враховуватися при оцінці ефективності організаційно-технологічних рішень влаштування покрівлі.

**Мета дослідження.** Метою роботи є шляхом створення теоретичних основ та розробки й впровадження в практику управління будівельної галузі науково-обґрунтованої системи прийняття ефективних організаційно-технічних рішень (ОТР) вибору енергозберігаючої покрівлі на об'єктах житлово-цивільного призначення.

**Об'єкт дослідження** в даній роботі є управління проектами по вибору енергозберігаючої покрівлі з урахуванням регламентованих параметрів.

**Предмет дослідження** - система прийняття організаційно-технологічних рішень по вибору енергозберігаючої покрівлі.

**Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:**

- визначити основні поняття про 3 типи покрівель: з ізопласту, руберойду, скатну покрівлю;
- розробити ієрархічну систему математичних моделей багатофакторного аналізу управління організаційно-технологічними заходами по вибору енергозберігаючої покрівлі на базі нечіткої логіки, яка враховує вплив кількісних і якісних факторів.

## Основна частина

Забезпечення необхідного теплового режиму в житлових і громадських будівлях має важливе значення для здоров'я людини і створення оптимальних умов для її проживання. При оцінці теплового комфорту температура внутрішнього повітря в приміщенні залежить від температури внутрішніх поверхонь зовнішніх конструкцій будівлі. У теплий період року невентильовані покрівлі житлових і громадських будівель, у тому числі дошкільних і загальноосвітніх закладів, найбільше схильні до перегріву в теплий період року і протікання в сезон дощів. У Вінницькій області близько 60% будівель із загального фонду мають такий тип покриття. При проектуванні будівель, де необхідно забезпечити регулюючі параметри мікроклімату, слід більш ретельно враховувати вплив кліматичних умов. Дослідження, спрямовані на забезпечення відповідних температурних параметрів в існуючих будівлях у теплий і холодний період року, є досить важливими у зв'язку з підвищенням теплозахисних властивостей оточуючих конструкцій і розробкою надійних методів моделювання процесів [1].

Метою дослідження є аналіз факторів, що впливають на організаційно-економічні рішення при виборі енергоефективної покрівлі з використанням теорії нечіткої логіки.

Розроблена класифікація факторів, що впливають на раціональний вибір енергозберігаючого покриття, встановлює ієрархічні зв'язки між ними. На рівні системи приймемо умовну змінну Р, яка характеризує вплив сукупності факторів на надійність покрівлі. Це можна представити як співвідношення:

$$P = f(X, Y, Z), \quad (1)$$

де X - лінгвістична змінна (ЛЗ), яка описує архітектурно-конструктивні рішення; Y - ЛЗ, яка враховує експлуатаційні та кліматичні фактори; Z - ЛЗ, яка описує властивості будівельних матеріалів.

Моделювання інтелектуальної підтримки вибору енергозберігаючої покрівлі на системному рівні можна здійснити за допомогою понять:

T (P) = «низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий»

T (X) = «низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий»

T (Y) = «низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий»

T (Z) = «низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий»

Техніка нечіткого висновку дозволяє обчислити прогнозований індекс у формі нечіткої множини за допомогою системи інструкцій IF - THEN, яка поєднує нечіткі терміни вихідних і вхідних змінних за допомогою операцій I та АБО, передбачених у теорії нечітких множин, і відповідає до операцій min і max [1]. У таблиці 1 представлена нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних термінів моделювання залежностей.

Таблиця 1 – Матриця знань для залежності, що характеризує енергоефективність покриття

ЯКЩО			ТО
1	2	3	4
Архітектурно-конструктивні рішення (X)	Експлуатаційні та кліматичні фактори впливу (Y)	Властивості будівельних матеріалів покриття (Z)	Енергоефективність покриття (P)
Низькі (Н)	Низькі (Н)	Низькі (Н)	Низька (Н)
Нижче середніх (нС)	Низькі (Н)	Низькі (Н)	
Низькі (Н)	Нижче середніх(нС)	Низькі (Н)	
Низькі (Н)	Низькі (Н)	Нижче середніх (нС)	Нижче середньої (нС)
Низькі (Н)	Нижче середніх(нС)	Нижче середніх(нС)	
Нижче середніх (нС)	Нижче середніх(нС)	Нижче середніх (нС)	
Нижче середніх (нС)	Нижче середніх(нС)	Низькі (Н)	
Нижче середніх (нС)	Низькі (Н)	Нижче середніх (нС)	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Середні (С)	Нижче середніх (нС)	Середні (С)	Середня (С)
Нижче середніх (нС)	Середні (С)	Середні (С)	
Середні (С)	Середні (С)	Нижче середніх (нС)	
Середні(С)	Середні (С)	Середні (С)	
Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	Вище середньої (вС)
Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	Середні(С)	
Вище середніх (вС)	Середні(С)	Вище середніх (вС)	
Середні(С)	Вище середніх (вС)	Вище середніх (вС)	
Вище середніх (вС)	Високі (В)	Високі (В)	Висока (В)
Високі (В)	Високі (В)	Високі (В)	
Високі (В)	Високі (В)	Вище середніх (вС)	
Високі (В)	Вище середніх (вС)	Високі (В)	

Нечітка матриця знань з урахуванням якісних термів залежно від властивостей будівельних матеріалів покриття наведено в табл.2.

Прийнятні типи дахів для врахування якісних термів Типи дахів [2]:

- бітумно-полімерна рулонна покрівля - покрівля з багатошарових рулонних основних гідроізоляційних матеріалів, з'єднаних в моноліт прокладкою або на мастиці або з одношарового матеріалу;
- полімерно-фольгова покрівля (мембрана) - одношарова покрівля, що лежить вільно (з точковим або рейковим кріпленням до основи покриття) або з баластом з окремих, зварених або склеєних листів полімерної фольги або гумових матеріалів;
- хвиляста фіброцементна покрівля або бітумні листи - двосхилий дах з окремих хвилястих листів з механічним кріпленням до землі;
- пластикова покрівля - двосхилий дах з одинарних плоских водонепроникних матеріалів з механічним кріпленням до землі;
- покрівля з керамічної, бетонної, полімерно-піщаної черепиці - двосхилий дах, що складається з окремих елементів невеликих форм з механічним блокуванням і кріпленням по краях до землі;
- металочерепиця - двосхилий дах з одинарних тонкостінних листів з антикорозійним покриттям або без нього, з'єднаних між собою в замок;
- покрівля із залізобетонних лоткових елементів - плоска покрівля з одинарних самонесучих просторових залізобетонних елементів з гідроізоляційною поверхнею;
- світлопрозорий дах - двосхилий дах зі скла або прозорого пластику, виконаний на несучому каркасі з ущільненням між окремими елементами.

Лінгвістична змінна  $Z$ , яка описує властивості будівельних матеріалів покриття[2-3], може бути представлена виразом:

$$Z = f(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}, z_{11}, z_{12}, z_{13}), \quad (4)$$

де  $z_1$  - лінгвістична змінна (ЛЗ), яка визначає тип покрівлі;  $z_2$  - лінгвістична змінна (ЛЗ), яка визначає термін експлуатації;  $z_3$  - ЛЗ, яка визначає міцність;  $z_4$  - ЛЗ, яка описує екологічність;  $z_5$  - лінгвістична змінна (ЛЗ), яка визначає шумопоглинання;  $z_6$  - ЛЗ, яка визначає теплопровідність;  $z_7$  - ЛЗ, яка визначає горючість;  $z_8$  - ЛЗ, яка визначає морозостійкість;  $z_9$  - ЛЗ, яка визначає водопоглинання;  $z_{10}$  - ЛЗ, яка визначає набухання;  $z_{11}$  - ЛЗ, яка визначає теплостійкість;  $z_{12}$  - ЛЗ, яка визначає хімічну стійкість;  $z_{13}$  - ЛЗ, яка визначає масу  $1\text{ м}^2$  покрівельного матеріалу.

Таблиця 2 – Матриця знань для залежності, що описує властивості будівельних матеріалів покриття

ЯКЩО													ТО
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Світлопрозоре (С)	Рулонна (Р)	3 шпучних матеріалів (Ш)	Світлопрозоре (С)	3 шпучних матеріалів (Ш)	Рулонна (Р)	Тип покрівлі (z1)	Рулонна (Р)	3 шпучних матеріалів (Ш)	Світлопрозоре (С)	3 шпучних матеріалів (Ш)	Рулонна (Р)	Тип покрівлі (z1)	Рулонна (Р)
Нижче середнього(нС)	Середній (С)	Середній (С)	Короткий (К)	Короткий (К)	Середній (С)	Термін експлуатації (z2)	Короткий (К)	Нижче середнього (нС)	Короткий (К)	Нижче середнього (нС)	Короткий (К)	Термін експлуатації (z2)	Короткий (К)
Велика (В)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Міцність (z3)	Мала (М)	Мала (М)	Нижче середньої(нС)	Мала (М)	Мала (М)	Міцність (z3)	Мала (М)
Безпечний(Б)	Середньої безпечно-сті(сБ)	Середньої безпечно-сті(сБ)	Середньої безпечно-сті(сБ)	Середньої безпечно-сті(сБ)	Середньої безпечно-сті(сБ)	Екологічність (z4)	Небезпечний (Нб)	Небезпечний (Нб)	Середньої безпечно-сті(сБ)	Небезпечний (Нб)	Небезпечний (Нб)	Екологічність (z4)	Небезпечний (Нб)
Середнє класу С (С)	Нижче середньої класу D (D)	Низьке класуЕ(Е)	Низьке класуЕ(Е)	Низьке класуЕ(Е)	Низьке класуЕ(Е)	Шумопоглинання (z5)	Низьке класуЕ(Е)	Нижче середньої класу D (D)	Низьке класуЕ(Е)	Низьке класуЕ(Е)	Низьке класуЕ(Е)	Шумопоглинання (z5)	Низьке класуЕ(Е)
Середнє (С)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Теплопровідність (z6)	Низька(Н)	Низька(Н)	Нижче середньої(нС)	Низька(Н)	Низька(Н)	Теплопровідність (z6)	Низька(Н)
Низька (Н)	Висока(В)	Висока(В)	Висока(В)	Висока(В)	Висока(В)	Горючість (z7)	Висока(В)	Висока(В)	Середня (С)	Висока(В)	Висока(В)	Горючість (z7)	Висока(В)
Середня (С)	Низька(Н)	Нижче середньої(нС)	Низька(Н)	Нижче середньої(нС)	Низька(Н)	Морозостійкість (z8)	Низька(Н)	Нижче середньої (нС)	Низька(Н)	Низька(Н)	Низька(Н)	Морозостійкість (z8)	Низька(Н)
Низьке(Н)	Високе(В)	Середнє (С)	Середнє (С)	Середнє (С)	Середнє (С)	Водопоглинання (z9)	Високе(В)	Високе(В)	Низьке(Н)	Високе(В)	Високе(В)	Водопоглинання (z9)	Високе(В)
Низьке(Н)	Високе(В)	Високе(В)	Високе(В)	Високе(В)	Високе(В)	Набухання (z10)	Високе(В)	Вище середньої(вС)	Низьке(Н)	Високе(В)	Високе(В)	Набухання (z10)	Високе(В)
Середня (С)	Нижче середньої (нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Нижче середньої(нС)	Теплостійкість (z11)	Низька(Н)	Низька(Н)	Нижче середньої(нС)	Низька(Н)	Низька(Н)	Теплостійкість (z11)	Низька(Н)
Нижче середнього(нС)	Нижче середньої(нС)	Низька(Н)	Низька(Н)	Низька(Н)	Низька(Н)	Хімічна стійкість (z12)	Низька(Н)	Нижче середньої(нС)	Низька(Н)	Низька(Н)	Низька(Н)	Хімічна стійкість (z12)	Низька(Н)
Середня (С)	Нижче середньої (нС)	Велика(В)	Середня (С)	Середня (С)	Середня (С)	Маса 1м <sup>2</sup> покрівельного матеріалу (z13)	Велика(В)	Велика(В)	Середня (С)	Велика(В)	Велика(В)	Маса 1м <sup>2</sup> покрівельного матеріалу (z13)	Велика(В)
Нижче середнього (нС)													Низькі (Н)
Нижче середнього (нС)													Властивості будівельних матеріалів покриття (Z)

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3 залізобетонних лоткових елементів(З)	Довгий (Д)	Вище середньої (вС)	Середньої безпечності(сБ)	Вище середньої класу В (В)	Вище середньої (вС)	Низька (Н)	Вище середньої(вС)	Середнє (С)	Нижче середньої (нС)	Вище середнього (вС)	Вище середнього (вС)	Велика(В)	<p>Вище середнього (вС)</p> <p>Середні (С)</p>
Полімерна плівкова (П)	Вище середнього (вС)	Середня(С)	Середньої безпечності(сБ)	Вище середньої класу В (В)	Вище середньої(вС)	Середня (С)	Середня (С)	Низьке (Н)	Нижче середньої(нС)	Середня (С)	Середня (С)	Мала (М)	
Металева (М)	Вище середнього (вС)	Вище середньої (вС)	Середньої безпечності(сБ)	Вище середньої класу В (В)	Вище середньої(вС)	Середня (С)	Вище середньої (вС)	Середнє (С)	Нижче середньої(нС)	Середня (С)	Вище середньої (вС)	Нижче середньої (нС)	
3 бітумних листів (Б)	Середній (С)	Середня (С)	Середньої безпечності(сБ)	Середня (С)	Середня (С)	Висока(В)	Середня (С)	Середнє (С)	Середнє (С)	Середня (С)	Нижче середньої(нС)	Мала (М)	
Хвиляста волокнистоцементна (Х)	Середній (С)	Мала (М)	Середньої безпечності(сБ)	Середня (С)	Нижче середньої(нС)	Середня (С)	Середня (С)	Середнє (С)	Нижче середньої(нС)	Середня (С)	Нижче середньої(нС)	Велика(В)	
Полімерна плівкова (П)	Нижче середнього(нС)	Середня (С)	Середньої безпечності(сБ)	Середнє класу С (С)	Середня (С)	Середня (С)	Середня (С)	Середнє (С)	Середнє (С)	Середня (С)	Середня (С)	Середня (С)	

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Металева (М)	Вище середнього (вС)	Вище середньої (вС)	Середньої безпечності(сБ)	Вище середньої класу (В)	Вище середньої(вС)	Середня (С)	Вище середньої (вС)	Середнє (С)	Нижче середньої(нС)	Середня (С)	Вище середньої (вС)	Нижче середньої (нС)	Вище середнього (вС)
Полімерна плівкова (П)	Вище середнього (вС)	Середня(С)	Середньої безпечно-сті(сБ)	Вище середньої класу В (В)	Вище середньої(вС)	Середня (С)	Середня (С)	Низьке (Н)	Низьке (Н)	Вище середнього (вС)	Середня (С)	Мала (М)	
З залізобетонних лоткових елементів(З)	Довгий (Д)	Вище середньої (вС)	Середньої безпечності(сБ)	Вище середньої класу В (В)	Вище середньої (вС)	Низька (Н)	Вище середньої(вС)	Середнє (С)	Нижче середньої (нС)	Вище середнього (вС)	Вище середнього (вС)	Велика(В)	

### Висновок

Проведено аналіз факторів, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень при виборі енергоефективної покрівлі з використанням теорії нечіткої логіки. Було оцінено рівні лінгвістичних змінних, які показують зв'язок між факторами впливу. З урахуванням введених якісних термінів будуються нечіткі матриці знань і складаються лінгвістичні вирази.

Згідно дослідження варіативного порівняння різних типів покрівлі в таблиці 2, що описує властивості будівельних матеріалів покриття (одне з досліджень) ми можемо зробити висновок, що шатрова покрівля найменш ефективна по різних чинниках (z1- z13). Тому в 3 розділі МКР буде досліджуватись на економічну доцільність варіант плоскої покрівлі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Щодо пріоритетів реалізації державної політики енергоефективності [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/>
2. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. [Чинний від 2017-06-06]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 53 с.
3. ДСТУ Б.В.2.7-108:2001. Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови.[Чинний від 2002-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 53 с.

**Войтюк Діана Олександрівна** – студентка 2-го курсу магістратури, група Б-21м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail:dianavoitiuk26@gmail.com

**Науковий керівник: Маєвська Ірина Вікторівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com maevska@vntu.edu.ua

**Voitiuk Diana** – 2st year master's student, group B-21m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, dianavoitiuk26@gmail.com

**Supervisor: Maievska Iryna** - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa. irina.mayevskaja@gmail.com