

Вінницький національний технічний університет
Кафедра БМГА

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СТІН БУДИНКІВ З ПРИРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розробив: ст. гр. Б-18м Смашнюк Д. В.
Науковий керівник: к.т.н., доц. Бікс Ю. С.

- **Актуальність теми.** Дана робота присвячена визначенню багатокритеріального індексу, що враховує вплив низки різнорозмірних фізико-механічних, теплофізичних кліматичних та економічних параметрів та дозволяє оцінити енергоефективність багатошарових огорожувальних конструкцій стін на прикладі стін з природних матеріалів.
- **Метою даної роботи** є вирішення науково-технічної задачі аналізу та багатокритеріальної оцінки комплексу теплотехнічних, фізико-механічних, економічних показників багатошарових огорожувальних конструкцій стін з природних матеріалів та вдосконалення способу раціонального вибору варіанту багатошарової стіни зумовленого багатокритеріальністю порівняння.



- **Об'єкт дослідження**

- Об'єктом даного дослідження є комплекс фізико-механічних, економічних та теплофізичних параметрів огорожуючої конструкції стіни з натуральних матеріалів.

- **Предмет дослідження**

- Предметом дослідження є багатокритеріальний індекс потенціалу енергоефективності багатошарових огорожувальних конструкцій стін з натуральних матеріалів з урахуванням рівновісних та нерівновісних пріоритетів критеріїв.

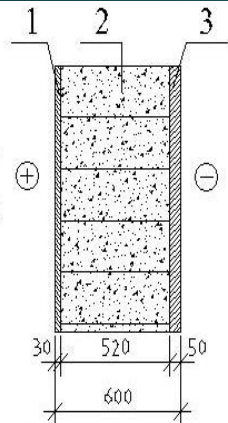
Об'єктивна реальність сьогодення зумовлює нагальну потребу у зміні підходу до споживання в усіх сферах людської діяльності, у тому числі, і у використанні відновлюваних матеріалів в сфері будівництва.

При виборі матеріалу для будівництва огорожувальних конструкцій стін необхідно враховувати не тільки комплекс фізико-механічних, теплофізичних та експлуатаційних характеристик матеріалу, але й по можливості кліматичні та економічні фактори, обирати місцевий матеріал, що чинить найменшу шкоду оточуючому середовищу.

З огляду на наявні кліматичні та економічні виклики цей вибір є нетривіальною задачею, і тому потребує врахування цілої низки впливаючих факторів.

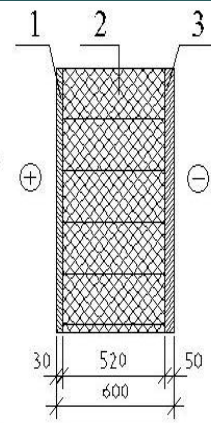
Основний матеріал і результати. Типи стін

Стіна
тип "А"
Арболіт



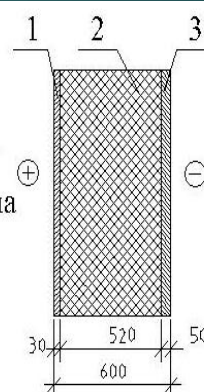
1. Внутрішня вапняно-піщана штукатурка
2. Арболітовий блок
3. Зовнішня вапняно-піщана штукатурка

Стіна
тип "Б"
Саман



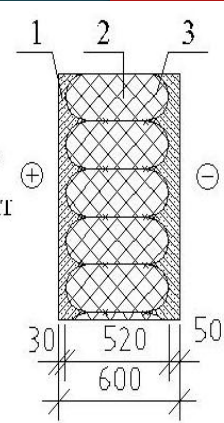
1. Внутрішня вапняно-піщана штукатурка
2. Саманний блок
3. Зовнішня вапняно-піщана штукатурка

Стіна
тип "В"
Солом'яна
панель



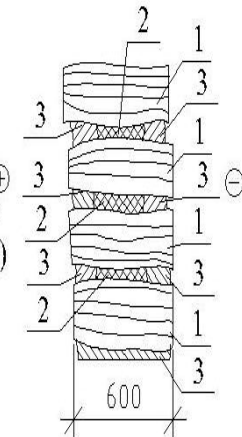
1. Внутрішня вапняно-піщана штукатурка
2. Панель зі спресованої соломи
3. Зовнішня вапняно-піщана штукатурка

Стіна
тип "Г"
Землебит



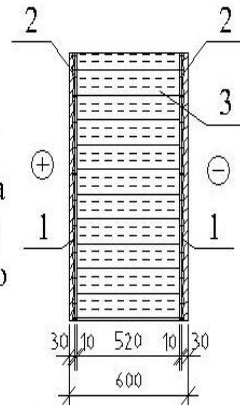
1. Внутрішня вапняно-піщана штукатурка
2. Щільно утрамбований ґрунт
3. Зовнішня вапняно-піщана штукатурка

Стіна
тип "Д"
Чуркобетон
(Глиночурка)



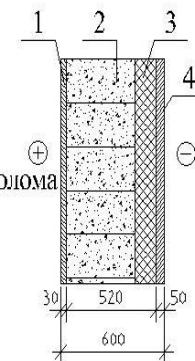
1. Дерев'яні чурки
2. Природний утеплювач (посічена солома)
3. Вапняно-піщаний розчин

Стіна
тип "Е"
Каркасна
панель з
сковатою



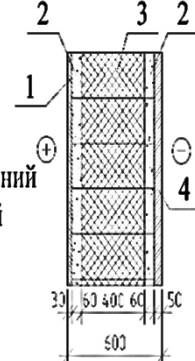
1. Внутрішня та зовнішня вапняно-піщана штукатурка
2. Фалера
3. Природний утеплювач (ековата)

Стіна
тип "Ж"
Арболіт+солома



1. Внутрішня вапняно-піщана штукатурка
2. Арболітовий блок
3. Природний утеплювач (спресована солома)
4. Зовнішня вапняно-піщана штукатурка

Стіна
тип "З"
Композиційний
будівельний
тепоблок

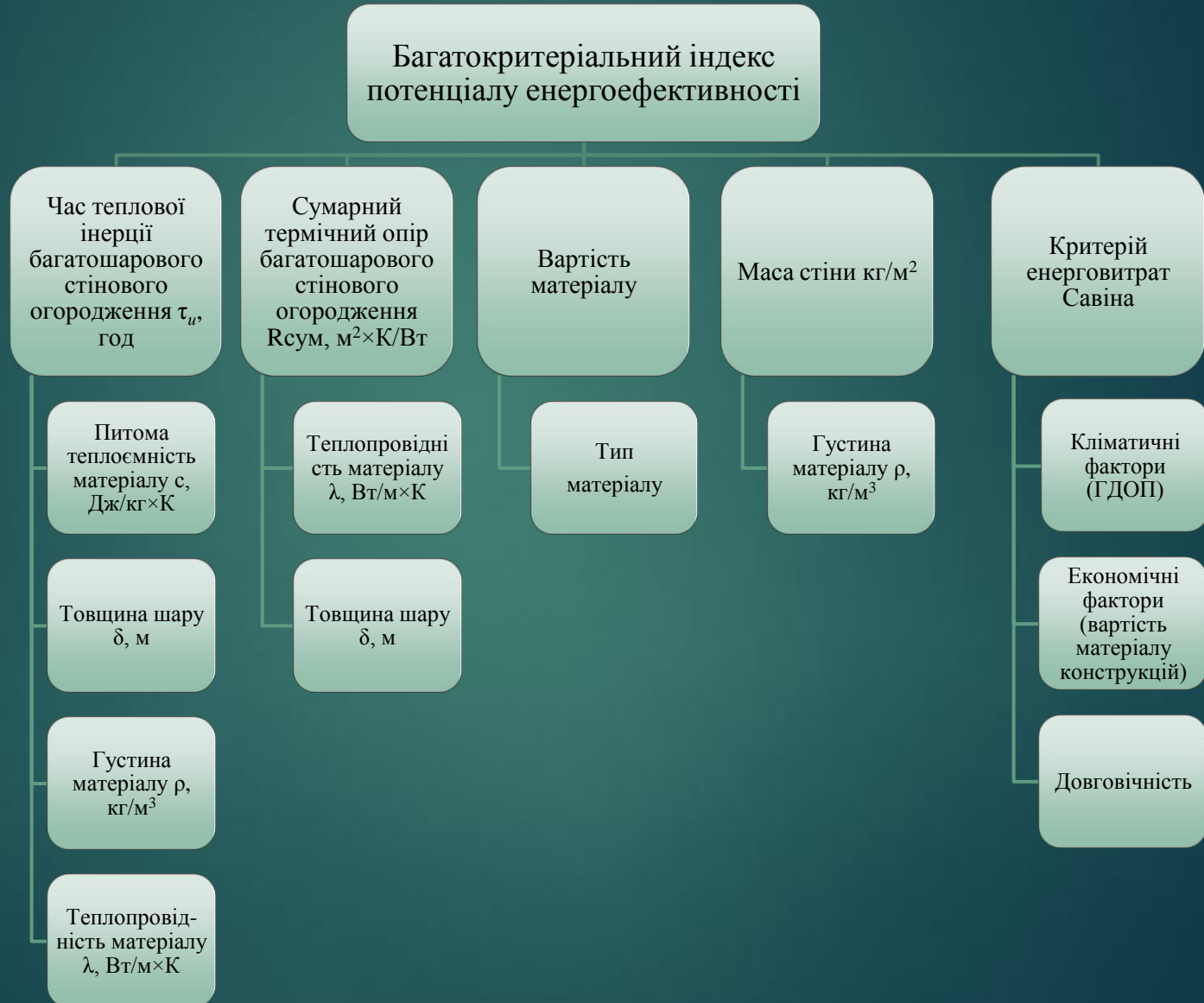


1. Внутрішня вапняно-піщана штукатурка
2. Арболіт
3. Природний утеплювач (спресована солома)
4. Зовнішня вапняно-піщана штукатурка

Основні фізико-механічні характеристики матеріалів стін

Тип матеріалу	Питома теплоємність сі, Дж/кг*К	Теплопровідність λ, Вт/м*К	Густина ρ, кг/м³	Вартість матеріалу, грн/м³
Арболіт	2300	0.1	350	2500
Солом'яна панель	1675	0.08	120	2520
Саман	880	0.4	1400	625
Глиночурка*	2146.67	0.5	866.67	2500
Землебит	837	1.05	1800	600
Фанера	2400	0.18	600	10800
Ековата	840	0.07	55	1500
Солома посічена	1675	0.07	50	300
Вапняно-піщана штукатурка	840	0.81	1600	1200

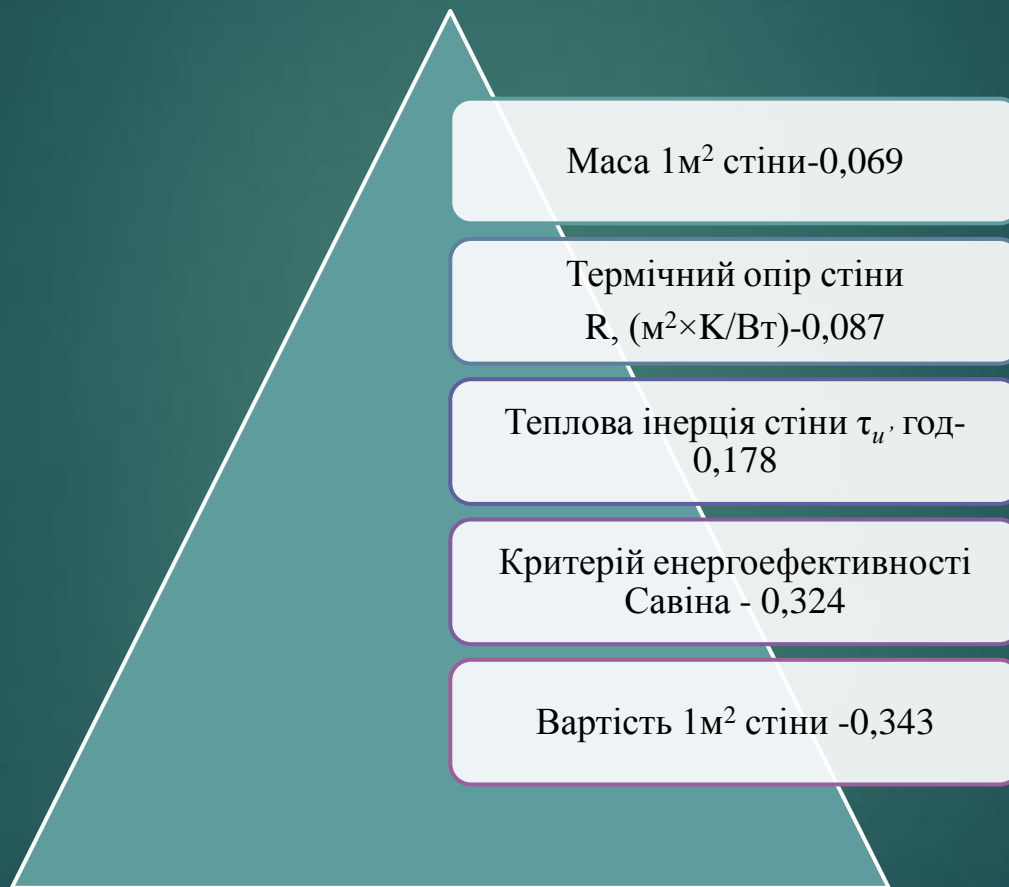
Концептуальна ієрархічна модель факторів впливу на багатокритеріальний індекс потенціалу енергоефективності



Обчислені значення факторів впливу

Тип стінового огородження	Час теплової інерції t_i , год	Сумарний термічний опір R , ($m^2 \times K / Wt$)	Вартість матеріалу стіни, грн	Маса $1m^2$ стіни, кг	Критерій Савіна S_a
Стіна тип "А" (Арболіт)	110.53	8.10	1396.00	310.00	1.62
Стіна тип "Б" (Саман)	29.01	1.40	421.00	856.00	0.49
Стіна тип "В" (Солом'яна панель)	20.15	7.53	1406.40	169.60	1.63
Стіна тип "Г" (Землебит)	15.11	0.59	408.00	1064.00	0.47
Стіна тип "Д" (Чуркобетон)	52.93	4.13	1060.00	356.67	1.23
Стіна тип "Е" (Каркас з ековатою)	17.43	8.81	1068.00	136.60	1.24
Стіна тип "Ж" (Арболіт+солома)	92.01	8.25	1132.00	274.00	1.31
Стіна тип "З" (Композиційний будівельний теплоблок)	22.86	8.88	498.00	159.00	0.58

Обчислені значення ваги впливу факторів за методом парних порівнянь Сааті



Методика обчислення складових факторів індексу

$$P_{\text{норм},ij} = \frac{P_{ij}}{P_{\text{max},ij}}$$

Запропонована методика, що дозволяє враховувати різнохарактерні кількісні параметри впливу полягає у наступному:

- Визначення «додатнього» (чим більша величина, тим більша оцінка параметру) нормованого показника з різними одиницями виміру виконано за формулою

$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m.$

Де $n = 8$ (варіанти стін)

$m = 5$ (критерії).

$$C_{ij} = \frac{\frac{n_{\text{max},ij}}{n_{ij}}}{\max(\frac{n_{\text{max},ij}}{n_{ij}})}$$

P_{ij}

– отримана величина j -того критерію для i -того варіанту стіни

$P_{\text{max},ij}$

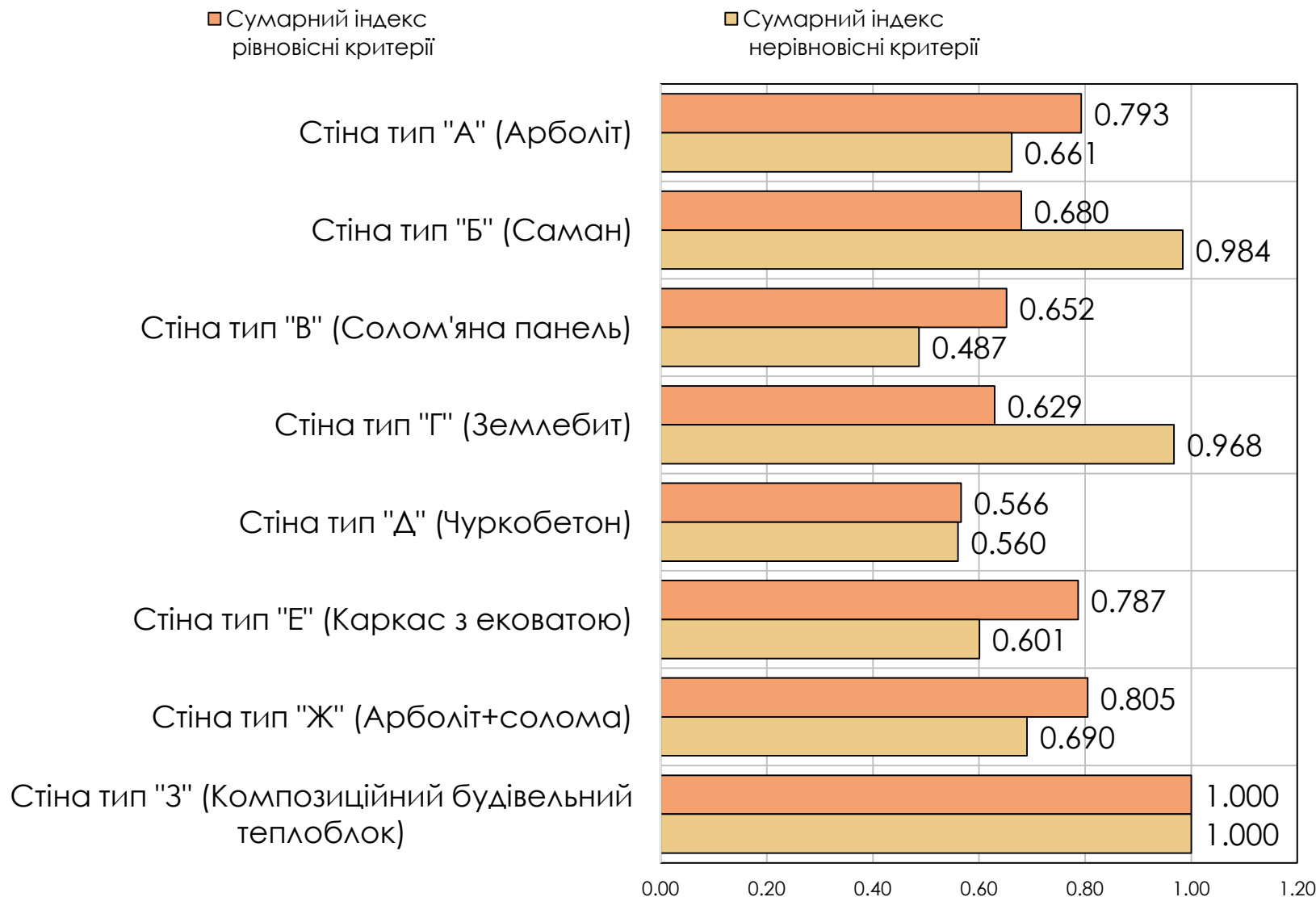
– максимальне значення величини j -того критерію i -того варіанту стіни.

- Для врахування «від'ємного» кількісного впливу параметру маси та вартості стіни, а також критерію Савіна (чим більша величина, тим менша оцінка параметру) обчислено обернену до нормованої величини параметру залежність за формулами

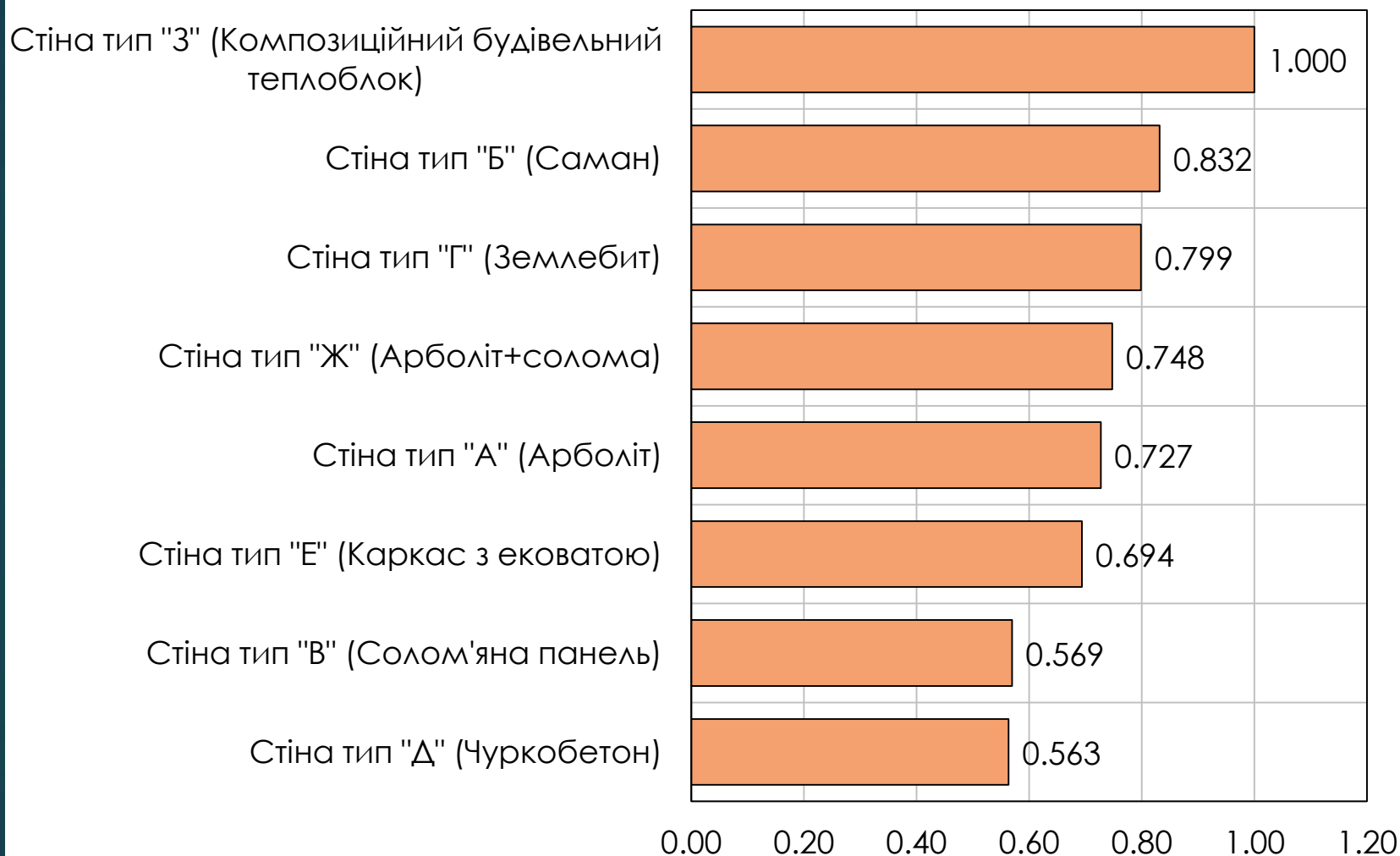
$$I_{\text{норм},i} = \frac{\sum_{j=1}^2 P_{\text{норм},ij} + \sum_{j=3}^5 C_{ij}}{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^2 P_{\text{норм},ij} + \sum_{j=3}^5 C_{ij})}$$

Нормоване значення багатокритеріального індексу потенціалу енергоефективності i -ої стіни визначається за формулою

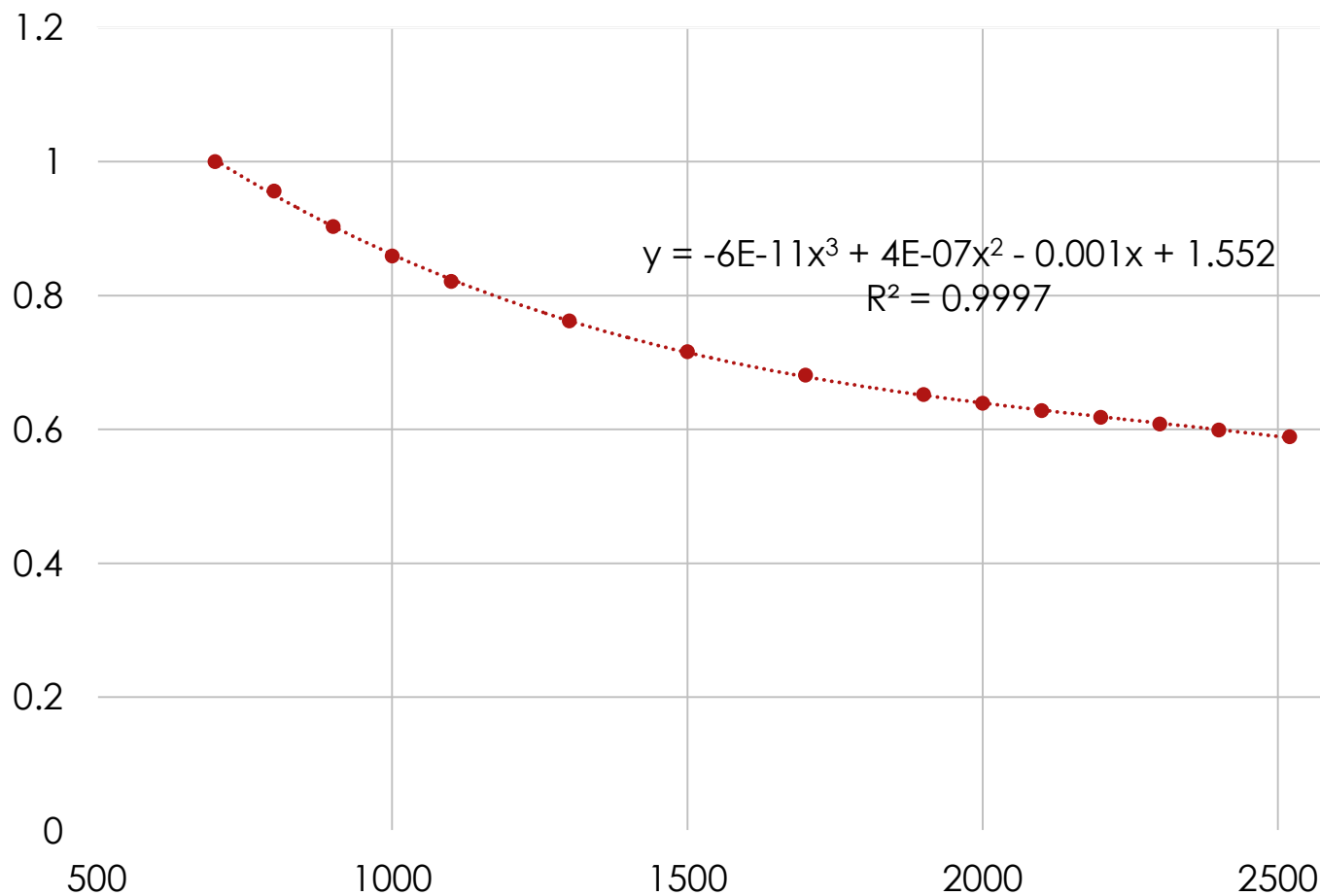
Порівняння величини багатокритеріального індексу з урахуванням та без ваг пріоритетів критеріїв



Усереднені значення багатокритеріального індексу



Вплив вартості солом'яної панелі на величину багатокритеріального індексу



Загальні висновки

1. За результатами чисельного моделювання теплотехнічних параметрів восьми типів огорожувальних конструкцій з природних матеріалів виявлено, що найбільш теплоінерційною є варіант стіни з арболіту, найменшим часом теплової інерції володіє каркасна стіна з заповнювачем ековатою – 72,37 та 8,18 годин відповідно, що пояснюється різницею в теплофізичних показниках основних матеріалів заповнювачів стінового огороження, а саме питомій теплоємності матеріалу конструкцій.
2. Обчислений критерій Савіна свідчить про те, що з точки зору теплофізичних, економічних та кліматичних параметрів найкращим з варіантів є стіна із землебиту – 0,47, що менше 1, тобто краще еталонного варіанту стіни. При цьому, термічний опір такої стіни становить лише $0,59 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$, що суттєво нижче нормативного значення для м. Вінниці. Це можна пояснити тим, що вартість влаштування та матеріалу для стіни типу землебиту виявилась найнижчою з усіх варіантів.
3. При багатокритеріальній оцінці енергоефективності з урахуванням нерівності критеріїв за методом парних порівнянь за Сааті виявлено, що максимальним показником володіє стіна з саману – 1,00, найнижчим – стіна з солом'яних панелей -0,487.
4. При одночасному урахуванні рівності та нерівності критеріїв за їх сумарною пронормованою сумою значень найбільшою оцінкою виявилась стіна з композиційного будівельного блоку – 1,00 а одним з найменшою оцінкою володіє стіна із солом'яної панелі – 0,569. Це можна пояснити домінуючим впливом ціни на величину індексу.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

