

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 69.03

Г. С. Ратушняк¹
А. М. Очеретний²
О. Ю. Материнська¹**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРОЕКТНИХ ФАКТОРІВ НА ВИБІР
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ВУЗЛІВ
ПРИМИКАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНГВІСТИЧНИХ
ЗМІНИХ**¹ Вінницький національний технічний університет
² Концерн "Поділля"

Одним із можливих рішень максимально ефективного використання енергоресурсів і одночасного підвищення рівня комфортності є застосування утеплення будинків. Застосування інноваційних енергоощадних конструктивних вузлів примикання вікон при будівництві дозволить підвищити енергоефективність багатопверхових житлових будинків та зменшити затрати коштів на оплату спожитих енергоносіїв на опалення в холодний період року. Надійність будь-якої системи залежить від проектування, виготовлення і експлуатації. Довговічність і надійність конструкцій може бути підвищена на стадії проектування, тобто під час наукових досліджень, конструювання, розрахунків і проектних розробок. Проведено аналіз впливу проектних факторів на вибір теплоізоляційного матеріалу вузлів примикання. З метою оцінки надійності теплоізоляційного матеріалу, сформовано експертні бази знань та написано нечіткі логічні рівняння які характеризують поверхню належності змінних.

Ключові слова: математична модель, надійність, лінгвістична змінна, нечіткі логічні рівняння, теплоізоляційний матеріал, вузол примикання

Вступ

Відповідно до Закону України " Про енергетичну ефективність будівель" [1] необхідно шляхом термомодернізації існуючих будівель довести до нормативних вимог рівень їх енергетичної ефективності, що дозволить також знизити шкідливий вплив на навколишнє середовище. Основними технічними заходами щодо зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції є утеплення фасадів зовнішніх стін, перекриття останнього поверху та підвальних приміщень, встановлення енергоощадних вікон. Теплоізолюючий матеріал у цьому випадку відіграє значну роль [2,3,4]. Надійність – це властивість виконувати задані функції, зберігаючи в часі встановлені експлуатаційні показники в необхідних межах, відповідних заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування.

Метою роботи є аналіз впливу проектних факторів на вибір теплоізоляційного матеріалу вузлів примикання та сформування експертних баз знань та написання нечітких логічних рівнянь які характеризують поверхню належності змінних, що в подальшому дозволить побудувати функції належності.

Основна частина

Фактори, що впливають на надійність термомодернізації будівель, шляхом влаштування енергозберігаючих вузлів примикання елементів огорожувальних конструкцій: проектні рішення, будівельно-монтажні роботи, експлуатаційні фактори. До вузлів примикання можна віднести: підвали, технічні підпілля, технічний поверх, дверні та віконні прорізи.

Довговічність і надійність теплоізоляційного матеріалу для влаштування вузлів примикання огорожуючих конструкцій доцільно оцінювати на стадії проектування, тобто під час наукових досліджень, конструювання, розрахунків і проектних розробок.

Для встановлення ієрархічних зв'язків проектних факторів, що впливають на прийняття рішення щодо вибору теплоізоляційного матеріалу, виконана їх класифікація за кількісними та якісними ознаками: економічними, екологічними, теплофізичними.

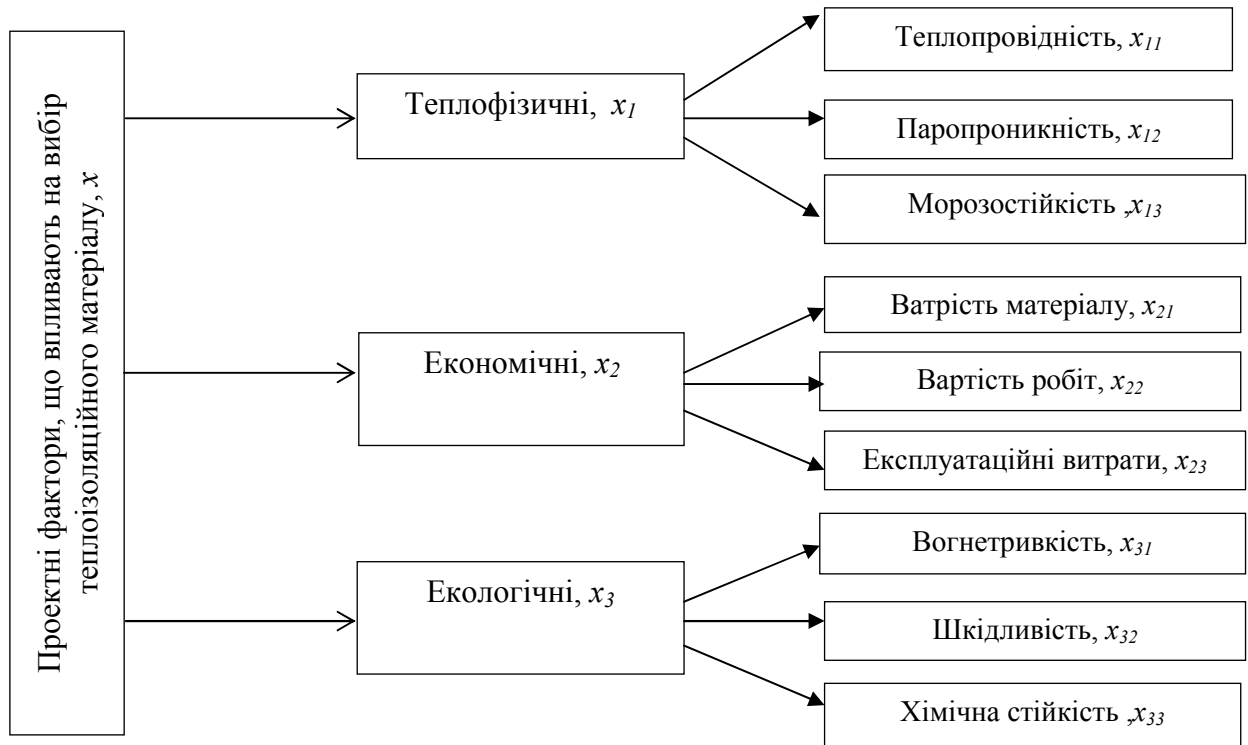


Рисунок 1 – Класифікація проектних факторів, що впливають на вибір теплоізоляційного матеріалу вузлів примикання

Для створення експериментально-модельної системи багатофакторного аналізу впливу прийнятих факторів на вибір теплоізоляційного матеріалу вузлів примикання, які характеризуються лінгвістичними та якісними термами, використано теорію нечітких та лінгвістичних змінних [5].

Проектні фактори впливу на вибір теплоізоляційного матеріалу на системному рівні, як лінгвістичну змінну, можна представити у вигляді залежності:

$$Y=f_y(X_1, X_2, X_3), \quad (1)$$

де X_1 – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує теплофізичні параметри;

X_2 – ЛЗ, що описує економічні параметри;

X_3 – ЛЗ, що описує екологічні параметри;

Лінгвістичну змінну, що описує теплофізичні параметри, можна подати виразом:

$$X_1 = f_{x_1}(X_{11}, X_{12}, X_{13}), \quad (2)$$

де X_{11} – ЛЗ “теплопровідність”;

X_{12} – ЛЗ “паропроникність”;

X_{13} – ЛЗ “морозостійкість”.

Лінгвістична змінна, що описує економічні параметри, можна розгорнути в співвідношення

$$X_2 = f_{x_2}(X_{21}, X_{22}, X_{23}), \quad (3)$$

де X_{21} – ЛЗ “вартість матеріалу”;

X_{22} – ЛЗ “вартість робіт”;

X_{23} – ЛЗ “експлуатаційні витрати”.

Лінгвістичну змінну, що описує екологічні параметри, може бути подана співвідношенням:

$$X_3 = f_{X_3}(X_{31}, X_{32}, X_{33}), \quad (4)$$

де X_{31} – ЛЗ “вогнетривкість”;

X_{32} – ЛЗ “шкідливість”;

X_{33} – ЛЗ “хімічна стійкість”.

Всі фактори впливу, що впливають на вибір теплоізоляційного матеріалу для термомодернізації будівель при влаштуванні вузлів примикання, розглядаються як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами. Якісний нечіткий терм є лінгвістичною змінною, значення якої виражається словом [6,7]. Як нечіткі терми для оцінювання лінгвістичних змінних в співвідношеннях прийняті кількісні вирази “низька” (Н), “середня” (С) та “висока” (В). Використання нечітких термів дозволяє побудувати експертні нечіткі бази знань, які віддзеркалюють зв'язки між вхідними та вихідними змінними.

Таблиця 1

Лінгвістична оцінка змінних параметрів теплоізоляційних матеріалів

Параметри	Позначення та назва лінгвістичної змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
1	2	3	4
Теплофізичні	X_{11} – теплопровідність	0,03...0,9 Вт/(м ² К)	низька, середня, висока
	X_{12} – паропроникність	0,01...0,06 Н/м ²	низька, середня середня, висока
	X_{13} – морозостійкість	200...1000 циклів	низька, середня середня, висока
Економічні	X_{21} – вартість матеріалу	110...1000 грн/м ³	низька, середня, висока
	X_{22} – вартість робіт	100...500 грн/м ³	низька, середня середня, висока
	X_{23} – експлуатаційні витрати	10...50 грн/м ³	низька, середня середня, висока
Екологічні	X_{31} – вогнетривкість	100...1400 С	низька, середня середня, висока
	X_{32} – хімічна стійкість	5...80%	низька, середня середня, висока
	X_{33} – шкідливість	1...5 умовних одиниць	низька, середня, висока середня, висока

За результатами сукупності параметрів, що характеризують проектні фактори впливу на вибір теплоізоляційного матеріалу вузлів примикання (залежності 1-4) побудовано дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків між визначеними кількісними та якісними параметрами матеріалів(рис.2). Корінь дерева логічних висновків, як інтегральний показник дозволяє на експертному рівні здійснювати інтелектуальну підтримку прийнятих рішень щодо вибору теплоізоляційного матеріалу вузлів примикання.

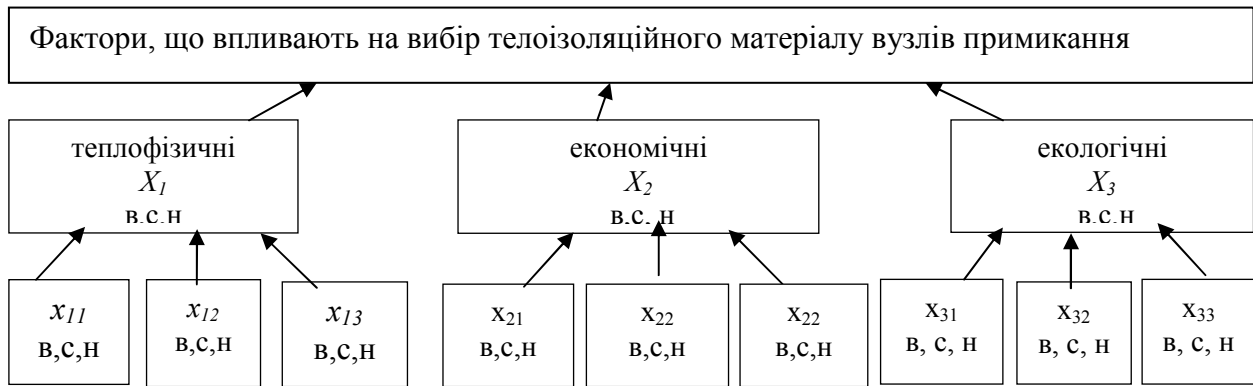


Рисунок 2 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв’язків проектних факторів, що впливають на вибір теплоізоляційних матеріалів

Виконана формалізація та ієрархічна класифікація параметрів матеріалів для термомодернізації, шляхом вдосконалення теплотехнічних параметрів вузлів примикання, дозволяє побудувати функції належності нечітких оцінок впливу параметрів на прийняття проектного рішення.

Для отримання результатів моделювання складемо, на основі експертної бази знань і термів функції належності, базу нечітких логічних рівнянь, при цьому будемо використовувати операції \wedge ($I\text{-min}$) та \vee ($A\text{BO-max}$) [8].

Таблиця 2

Експертна база знань термів на системному рівні для залежності 1 (x)

Якщо			то
Вхідні змінні			Вихідна змінна
X_1	X_2	X_3	x
В	В	В	В
В	С	В	
В	В	С	
С	В	В	С
С	В	С	
С	С	В	
В	С	С	Н
С	С	С	
С	С	Н	
Н	С	С	
С	Н	С	
Н	Н	С	
С	Н	Н	
Н	С	Н	Н
Н	Н	Н	

Нечіткі логічні рівняння, які характеризують поверхню належності змінних табл. 2 по відповідному терму:

$$\mu_n(x) = \mu_n(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \vee \mu_n(x_1) \wedge \mu_c(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \vee \mu_c(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \vee \mu_n(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_c(x_3) \vee \mu_c(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_c(x_3) \vee \mu_n(x_1) \wedge \mu_c(x_2) \wedge \mu_c(x_3) \vee \mu_c(x_1) \wedge \mu_c(x_2) \wedge \mu_n(x_3); \quad (5)$$

$$\mu_c(x) = \mu_c(x_1) \wedge \mu_c(x_2) \wedge \mu_c(x_3) \vee \mu_n(x_1) \wedge \mu_c(x_2) \wedge \mu_c(x_3) \vee \mu_c(x_1) \wedge \mu_c(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \vee \mu_c(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_c(x_3); \quad (6)$$

$$\mu_n(x) = \mu_n(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \vee \mu_n(x_1) \wedge \mu_c(x_2) \wedge \mu_n(x_3) \vee \mu_n(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_c(x_3) \vee \mu_c(x_1) \wedge \mu_n(x_2) \wedge \mu_c(x_3); \quad (7)$$

Експертна база знань якісних термів для теплофізичних параметрів (x^1)
для економічних параметрів (x^2)

Якщо			То
Вхідні змінні			Вихідна змінна
x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_1
В	в	В	В
в	в	С	
в	С	В	
С	в	В	
С	С	С	С
в	С	С	
С	в	С	
С	С	В	
Н	Н	Н	Н
С	Н	Н	
Н	С	Н	
Н	Н	С	
Н	С	С	
С	С	Н	
С	Н	С	
С	Н	С	

Якщо			То
Вхідні змінні			Вихідна змінна
x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_2
в	в	В	В
в	в	С	
в	С	В	
С	в	В	
С	С	С	С
в	С	С	
С	в	С	
С	С	В	
Н	Н	Н	Н
С	Н	Н	
Н	С	Н	
Н	Н	С	
Н	С	С	
С	С	Н	
С	Н	С	
С	Н	С	

Нечіткі логічні рівняння, які характеризують поверхню належності вихідних змінних табл. 3 по відповідному терму:

$$\mu_n(x_1) = \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_n(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_n(x_{13}) \vee \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_n(x_{13}) \vee \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_n(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}); \quad (8)$$

$$\mu_c(x_1) = \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}); \quad (9)$$

$$\mu_n(x_1) = \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_n(x_{13}) \vee \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_n(x_{13}) \vee \mu_n(x_{11}) \wedge \mu_c(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}) \vee \mu_c(x_{11}) \wedge \mu_n(x_{12}) \wedge \mu_c(x_{13}); \quad (10)$$

Нечіткі логічні рівняння, які характеризують поверхню належності вихідних змінних табл. 4 по відповідному терму:

$$\mu_n(x_2) = \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_n(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_n(x_{23}) \vee \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_n(x_{23}) \vee \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_n(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}); \quad (11)$$

$$\mu_c(x_2) = \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}); \quad (12)$$

$$\mu_n(x_2) = \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_n(x_{23}) \vee \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_n(x_{23}) \vee \mu_n(x_{21}) \wedge \mu_c(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}) \vee \mu_c(x_{21}) \wedge \mu_n(x_{22}) \wedge \mu_c(x_{23}); \quad (13)$$

Експертна база знань якісних термів для екологічного параметру (x^3)

Вхідні змінні			Вихідна змінна
X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_3
в	в	в	в
в	в	с	
в	с	в	
с	в	в	
с	с	с	с
в	с	с	
с	в	с	
с	с	в	
н	н	н	н
с	н	н	
н	с	н	
н	н	с	
н	с	с	
с	с	н	
с	н	с	

Нечіткі логічні рівняння, які характеризують поверхню належності змінних табл. 5 по відповідному терму:

$$\mu_v(x_3) = \mu_v(x_{31}) \wedge \mu_v(x_{32}) \wedge \mu_v(x_{33}) \vee \mu_c(x_{31}) \wedge \mu_v(x_{32}) \wedge \mu_n(x_{33}) \vee \mu_n(x_{31}) \wedge \mu_c(x_{32}) \wedge \mu_n(x_{33}) \vee \mu_n(x_{31}) \wedge \mu_n(x_{32}) \wedge \mu_c(x_{33}) \vee \mu_n(x_{31}) \wedge \mu_c(x_{32}) \wedge \mu_c(x_{33}) \vee \mu_c(x_{31}) \wedge \mu_c(x_{32}) \wedge \mu_n(x_{33}) \vee \mu_c(x_{31}) \wedge \mu_n(x_{32}) \wedge \mu_c(x_{33}); \quad (14)$$

$$\mu_c(x_3) = \mu_c(x_{31}) \wedge \mu_c(x_{32}) \wedge \mu_c(x_{33}) \vee \mu_v(x_{31}) \wedge \mu_c(x_{32}) \wedge \mu_c(x_{33}) \vee \mu_c(x_{31}) \wedge \mu_v(x_{32}) \wedge \mu_c(x_{33}) \vee \mu_c(x_{31}) \wedge \mu_c(x_{32}) \wedge \mu_v(x_{33}); \quad (15)$$

$$\mu_n(x_3) = \mu_n(x_{31}) \wedge \mu_n(x_{32}) \wedge \mu_n(x_{33}) \vee \mu_v(x_{31}) \wedge \mu_n(x_{32}) \wedge \mu_c(x_{33}) \vee \mu_v(x_{31}) \wedge \mu_c(x_{32}) \wedge \mu_n(x_{33}) \vee \mu_c(x_{31}) \wedge \mu_n(x_{32}) \wedge \mu_v(x_{33}); \quad (16)$$

Отримання систем нечітких рівнянь (5-16) є підґрунтям для побудови функції належності [9] нечітких оцінок впливу проектних факторів на вибір теплоізоляційного матеріалу при подальшому моделюванні первинними організаційно-економічним рішенням щодо влаштування вузлів примикання при термомодернізації будівель.

Висновки

- Найбільші величини тепловтрат в місцях примикання різних елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій [10]. Основними технічними заходами щодо зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції є утеплення вузлів примикання. Для надійної системи утеплення, необхідно обрати надійний теплоізолюючий матеріал.
- Проведено аналіз впливу проектних факторів на вибір теплоізоляційного матеріалу вузлів примикання. З метою оцінки надійності теплоізоляційного матеріалу, сформовано експертні бази знань та написано нечіткі логічні рівняння які характеризують поверхню належності змінних, що в подальшому дозволить побудувати функції належності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України " Про енергозбереження" [Електронний ресурс] : станом на 1 липня 1994 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Відомості Верховної Ради, 1994.–283 с.
2. Ратушняк Г. С., Ратушняк О.Г. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель. - Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. - 106 с.
3. Ратушняк Г. С. / Енергоефективність індивідуальних систем тепlopостачання квартир в багатоповерхових житлових будівлях / Г. С. Ратушняк, А. М. Очеретний // Вісник ВПІ.–2016-№5.–с.11–17.
4. Ратушняк Г. С. Енергоаудит багатоповерхових житлових будинків з використанням тепловізіонних зйомок / Г. С. Ратушняк, А. М. Очеретний // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві – 2017.–№1.с.84-93.
5. Коваль А.А. Логіко-лінгвістичні моделі в нечітких системах / А.А. Коваль // Проблеми програмування. – 2008. – № 2-3. – С. 375-378.
6. Ротштейн О. П. Метод побудови функцій належності нечітких множин / О. П. Ротштейн, Г. О. Черноволик, Є. П. Ларюшкін // Вісник Вінницького політехнічного інституту : наук. журнал. – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 1996. – № 3. – С. 72–75.
7. Національна бібліотека України ім. Вернадського. Наукова періодика України [Електронний ресурс].URL: http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/vcpi/Sa/2012_30/15_30.pdf
8. Нечітка логіка [Електронний ресурс] / Офіційний сайт «Вікіпедія» – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Нечітка_логіка
9. Кравець П. Системи прийняття рішень з нечіткою логікою / П. Кравець, Р. Киркало // Національний університет "Львівська політехніка". – 2009. – С. 115–123.
10. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г. Г.Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216

Георгій Сергійович Ратушняк – кандидат технічних наук, професор. Вінницький національний технічний університет.

Очеретний Андрій Михайлович – заступник генерального директора концерну «Поділля».

Оксана Юрїєвна Материнська – аспірант, Вінницький національний технічний університет.

G. Ratushnyak¹

A. Ocheretnyi²

O. Materynska¹

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PROJECT FACTORS ON THE SELECTION OF HEAT INSULATION MATERIAL OF PREPARATIONS WITH USE OF LINGUISTIC CHANGES

¹Vinnitsa National Technical University

²Podillia Concern

One of the possible solutions to maximize the use of energy resources and at the same time to increase the level of comfort, the application of insulation of houses. Reliability of any system depends on the design, manufacture and operation. Durability and reliability of structures can be increased at the design stage, that is, during research, design, calculations and design development. The analysis of the influence of design factors on the choice of the thermal insulation material of junction points is carried out. With the purpose of assessing the reliability of thermal insulation material, expert knowledge bases have been formed and fuzzy logical equations describing the surface of the variables' belonging have been written.

Key words: mathematical model, reliability, linguistic variable, fuzzy logical equations.

Ratushniak Georgiy – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Power Engineering and Gas Supply, Vinnitsia National Technical University.

Ocheretnyi Andriy – Deputy General Director of Concern «Podillia».

Materynska Oksana – Vinnitsia National Technical University.

Г. С. Ратушняк¹

А. М. Очеретный²

О. Ю. Материнская¹

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОЕКТНЫХ ФАКТОРОВ НА ВЫБОР ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ УЗЛОВ ПРИМЫКАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

¹Винницький національний технічний університет
²Концерн "Подольє"

Одним из возможных решений максимально эффективного использования энергоресурсов и одновременного повышения уровня комфортности, применение утепление домов. Надежность любой системы зависит от проектирования, изготовления и эксплуатации. Долговечность и надежность конструкций может быть повышена на стадии проектирования, то есть во время научных исследований, конструирования, расчетов и проектных разработок. Проведен анализ влияния проектных факторов на выбор теплоизоляционного материала узлов примыкания. С целью оценки надежности теплоизоляционного материала, сформированы экспертные базы знаний и написано нечеткие логические уравнения характеризующих поверхность принадлежности переменных.

Ключевые слова: математическая модель, надежность, лингвистическая переменная, нечеткие логические уровнения.

Георгий Сергеевич Ратушняк – к. т. н., профессор, Винницький національний технічний університет.

Очеретный Андрей Михайлович – заместитель генерального директора концерна «Подолье».

Оксана Юрьевна Материнская – аспирант, Винницький національний технічний університет.