

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 691.2

DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-25-30

Г. С. Ратушняк

Ю. С. Бікс

О. Г. Ратушняк

**ФАКТОРИ НАДІЙНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОШАРОВИХ
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ СОЛОМИ**

Вінницький національний технічний університет

Для оцінювання надійності забезпечення енергоефективності багатошарових теплоізоляційних огорожувальних конструкцій виробів із соломи запропоновано їх класифікацію за кількісними та якісними теплофізичними, механічними й екологічними ознаками. Для виявлення ієрархічних зв'язків між класифікаційними параметрами використано математичний апарат нечіткої логіки та лінгвістичні змінні. Лінгвістичну змінну, що описує теплофізичні фактори впливу на надійність забезпечення енергоефективності багатошарових теплоізоляційних огорожувальних конструкцій, представлено лінгвістичними змінними густина, питома теплоємність, теплопровідність, коефіцієнти теплосвоєння, паропроникнення й повітропроникнення, теплова інертність та імовірність теплової відмови. Лінгвістичну змінну, що описує механічні фактори впливу, представлено лінгвістичними змінними несуча здатність, міцність на стискування, жорсткість, морозостійкість та довговічність. Лінгвістичну змінну, що описує екологічні фактори впливу, представлено лінгвістичними змінними вогнестійкість, хімічна і біологічна стійкість, шкідливість та звукопоглинання.

Ключові слова: класифікація, надійність, лінгвістична змінна, огорожувальні конструкції, теплоізоляція, солома.

Вступ

Реалізація вітчизняної програми забезпечення економічної та екологічної безпеки шляхом впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій в житловому будівництві дозволить зменшити споживання паливно-енергетичних ресурсів для задоволення потреб теплопостачання будинків [1, 2, 3, 4]. Підвищення енергоефективності будівель дозволяє зменшити споживання паливно-енергетичних ресурсів, світові ціни на які збільшуються, та скоротити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Суттєвим заходом з підвищення енергоефективності будівель є зменшення тепловтрат в холодний період шляхом підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій [2, 5, 6]. Перспективним напрямком в будівництві малоповерхових енергоефективних житлових будинків є використання багатошарових будівельних виробів, в яких в якості теплоізолюючого шару можна використовувати матеріали органічного походження, а саме солому, тирсу, очерет тощо, які є біопозитивними [7, 8]. Окремі теплотехнічні, конструктивні та інші характеристики будівельних блоків із використанням соломи досліджено в роботах [8, 9, 10, 11, 12], але в них в повній мірі відсутній аналіз надійності їх енергоефективності на системному рівні за кількісними та якісними теплофізичними, механічними й екологічними параметрами.

Метою роботи є класифікація багатошарових теплоізоляційних будівельних виробів із соломи за кількісними та якісними теплофізичними, механічними й екологічними ознаками як факторів надійності забезпечення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель та виявлення ієрархічних зв'язків між класифікованими параметрами.

Основна частина

Нормативними документами в галузі будівництва України та дослідженнями вітчизняних вчених визначено основні поняття, що характеризують надійність будівельних конструкцій [13].

Енергоефективність будівлі – це властивість його теплоізоляційної оболонки (огорожувальних конструкцій) та інженерного обладнання забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови

приміщень при фактичних або розрахункових витратах теплової енергії на опалення [3]. Надійність – властивість технічних об'єктів зберігати в часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. Одним із основних методів підвищення надійності є обґрунтування вибору матеріалу та введення в конструкцію додаткових елементів, що дозволяють підвищити їх характеристики. Теплову надійність багат шарових огорожувальних конструкцій характеризують приведеним термічним опором теплопередачі, який залежить від кількісних та якісних параметрів будівельних матеріалів.

Таким чином, надійність забезпечення енергоефективності теплоізоляційних будівельних виробів як складової огорожувальних конструкцій будівель, можна означити як їх властивість зберігати в часі в установлених межах параметри характеристик теплоізоляційної оболонки будівлі з метою створення й підтримання оптимальних мікрокліматичних умов приміщень при фактичних витратах теплової енергії на опалення.

Обґрунтування вибору конструктивно-технологічного рішення по забезпеченню підвищення енергоефективності малоповерхових будівель шляхом влаштування багат шарових теплоізоляційних огорожувальних конструкцій із використання виробів з соломи повинно ґрунтуватися за результатами достовірного аналізу теплофізичних, механічних й екологічних характеристик матеріалу теплоізоляції, який має кількісні та якісні параметри [5, 6, 8, 10]. З метою розроблення експертно-моделювальної системи для багат факторного аналізу впливу характеристик багат шарових теплоізоляційних огорожувальних конструкцій із використанням виробів із соломи для інтелектуальної підтримки прийняття рішення щодо їх надійності забезпечення енергоефективності будівель доцільно застосувати математичний апарат теорії лінгвістичних змінних й нечіткої логіки [2]. Це дозволяє за результатами віртуального експерименту на етапі техніко-економічного обґрунтування визначити надійність забезпечення енергоефективності будівель при використанні виробів із соломи з врахуванням сукупності взаємопов'язаних кількісних та якісних параметрів теплоізоляційного матеріалу будівельних виробів із використанням соломи.

Для виявлення ієрархічних зв'язків між параметрами будівельних виробів із соломи для використання їх в якості багат шарових теплоізоляційних огорожувальних конструкцій споруд, що характеризують надійність забезпечення енергоефективності малоповерхових житлових будівель, запропоновано їх класифікацію за кількісними та якісними теплофізичними, механічними й екологічними ознаками (рис. 1).

Надійність забезпечення енергоефективності багат шарових теплоізоляційних огорожувальних стінових конструкцій будівельних виробів з соломи на системному рівні, як лінгвістичну змінну Y , доцільно представити співвідношенням

$$Y = f(x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

де x_1, x_2, x_3 – лінгвістичні змінні (ЛЗ), що описують відповідно теплофізичні, механічні та екологічні фактори впливу на надійність забезпечення енергоефективності багат шарових теплоізоляційних будівельних виробів огорожувальних конструкцій.

Лінгвістичну змінну, що описує теплофізичні фактори впливу на надійність забезпечення енергоефективності багат шарових теплоізоляційних будівельних виробів огорожувальних конструкцій, можна представити виразом

$$x_1 = f_{x1}(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}), \quad (2)$$

де $x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}$ – відповідно ЛЗ густина, питома теплоємність, теплопровідність, коефіцієнт теплосасвоєння, коефіцієнт паропроникнення, коефіцієнт повітропроникнення, теплова інертність, імовірність теплової відмови.

Лінгвістичну змінну, що описує механічні фактори впливу на надійність забезпечення енергоефективності багат шарових теплоізоляційних будівельних виробів огорожувальних конструкцій, можна представити виразом

$$x_2 = f_{x2}(x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}), \quad (3)$$

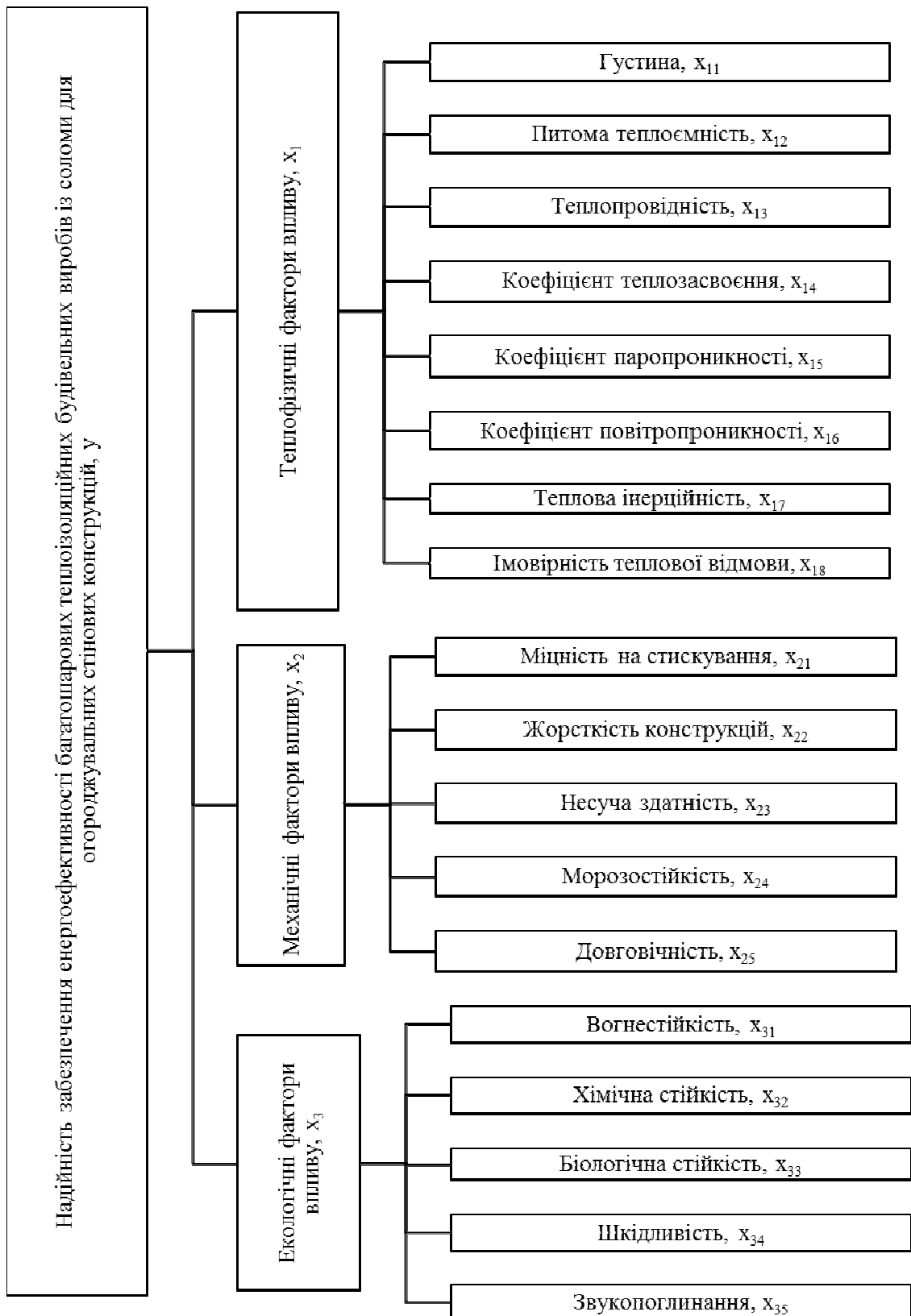


Рисунок 1 – Класифікація факторів, що визначають надійність забезпечення енергоефективності багатшарових теплоізоляційних будівельних виробів із соломи для огороджувальних стінових конструкцій

де $x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}$ – відповідно ЛЗ несуча здатність, міцність на стискування, жорсткість, морозостійкість, довговічність.

Лінгвістичну змінну, що описує екологічні фактори впливу на надійність забезпечення енергоефективності багатошарових теплоізоляційних будівельних виробів огорожувальних конструкцій, можна представити виразом

$$x_3 = f_{x_3}(x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}), \quad (4)$$

де $x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}$ – відповідно ЛЗ вогнестійкість, хімічна стійкість, біологічна стійкість, шкідливість, звукопоглинання.

Запропонована класифікація факторів, що визначають надійність забезпечення енергоефективності багатошарових теплоізоляційних огорожувальних конструкцій виробів із соломи (рис. 1) та їх математична інтерпретація залежностями (1-4) є підґрунтям для моделювання інтелектуальної підтримки прийняття рішення при оцінюванні енергоефективності виробів за допомогою віртуального експерименту з використанням функцій належності нечітких множин.

Висновки

Запропонована класифікація факторів надійності забезпечення енергоефективності багатошарових теплоізоляційних будівельних виробів із застосуванням соломи дозволить встановити ієрархічні зв'язки між ними на системному рівні з врахуванням кількісних та якісних теплофізичних, механічних та екологічних ознак, які оцінюються відповідними лінгвістичними змінними.

Формалізовані та ієрархічно класифіковані фактори надійності є підґрунтям для розроблення математичних моделей у вигляді функцій належності нечітких оцінок впливу на надійність забезпечення енергоефективності багатошарових теплоізоляційних виробів із застосуванням соломи для влаштування огорожувальних конструкцій малоповерхових житлових будівель.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» - К.: ВВР, 2017, №3, с. 5.
2. Ратушняк Г. С., Ратушняк О. Г. Управління проектами енергозбереження шляхом термомодернізації будівель: навч. посіб. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. 120 с.
3. Фаренюк Г. П. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ: Гамма-Принт, 2009. 137 с.
4. Недбайло О.М. Теплофізичні аспекти підвищення ефективності будівлі при використанні низькотемпературних систем її теплозабезпечення та термомодернізації огорожувальних конструкцій: автореф. дис. докт. техн. наук. 05.14.06 / Недбайло О.М. – Київ, 2018, - 28 с.
5. ДБН В.6 – 31:2016. Теплова ізоляція будівель.[Чинний від 2017-05-01]. Вид. Офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. – 33 с. (Державні будівельні норми).
6. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. ДСТУ Б В.2.6. – 189:2013. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, Мінрегіон України, 2014. 55 с. (Державні стандарт України).
7. Бікс Ю. С. Перспективи використання виробів із соломи в малоповерховому будівництві. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2017. №1. С. 74–83.
8. Семко О. В., Філоненко О. І., Панченко С. П., М'який Є. І. Спорудження малоповерхових житлових будинків із солом'яних блоків та визначення їх теплотехнічних характеристик. Вісник Придніпр. держ. академ. буд. та арх. Дніпро: ПДАБА. 2013. №8. С. 47–52.
9. Зовнішній стіновий теплозвукоізоляційний блок: пат 121651 Україна: МПК E04C 2/10. № 2017 06564; заявл. 26.06.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23. 4 с.
10. Ратушняк Г.С. Моделювання теплопередачі через зовнішній багатошаровий солом'яний стіновий блок / Г.С. Ратушняк, Ю.С. Бікс, А.О. Лялюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2018. - №1. – с. 50-55.
11. Каркасна стінова панель із теплозвукоізоляційних солом'яних блоків, пат. 127505 Україна: МПК E04/C 2/16 заявл. 02.02.2018, опубл. 10.08.2018. Бюл. №15, 7 с.
12. Brojan L., Petric A., Clouston Peggi L. A comparative study of brick and straw bale wall systems from environmental, economical and energy perspectives. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013. Vol. 8, No. 11. P. 920–926.
13. Семко В.І. Сталеві холодноформовані тонкостінні конструкції. Монографія / В.І. Семко. – Полтава: ТОВ «АСМГ», 2017. – 325 с.

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro eneretychnu efektyvnist budivel» - K.: VVR 2017, №3, s. 5.

2. Ratushniak G. S., Ratushniak O. G. Upravlinnia proektamy enerhozberezhennia shliahom termorenovatsii budivel: navch. posib. Vinnytsia: Universum-Vinnytsia, 2006. 120 s.
3. Farenjuk G. P. Osnovy zabezpechennia energoefektyvnosti budynkiv ta teplovoi nadiinosti ogorodzhvalnyh konstruktstii. Kyiv: Gamma-Prynt, 2009. 137 s.
4. Nedbailo O.M. Teplofizychni aspekty pidvyshchennia efektyvnosti budivli pry vykorystanni nyzkotemperaturnykh system ii teplozabezpechennia ta termomodernizatsii ogorodzhvalnyh konstruktstii: avtoref. dys. dokt. tehn. nauk. 05.14.06 / Nedbailo O.M. – Kyiv, 2018, - 28 s.
5. DBN V.6 – 31:2016. Teplova izoliatsiya budivel.[Chynnyi vid 2017-05-01]. Vyd. Ofits. Kyiv: Minregionbud Ukrainy, 2017. – 33 s. (Derghavni budivelni normy).
6. Metody vyboru teploizoliatsiinogo materialu dlia uteplennia budivel. DSTU B V.2.6. – 189:2013. [Chynnyi vid 2014-01-01]. Vyd. Ofits. Kyiv, Minregion Ukrainy, 2014. 55 s. (Derghavnyi standart Ukrainy).
7. Biks Yu. S. Perspektyvy vykorystannia vyrobiv iz solomy v malopoverhovomu budivnytstvi. Suchasni tehnologii, materialy i konstruktstii v budivnytstvi. 2017. №1. S. 74–83.
8. Semko O. V., Filonenko O. I., Panchenko S. P., Miakyi Ye. I. Sporudhennia malopoverhovykh ghytlovykh budynkiv iz solomianykh blokiv ta vyznachennia ih teplotekhnichnykh harakterystyk. Visnyk Prydnipr. dergh. akadem. bud. ta arh. Dnipro: PDABA. 2013. №8. S. 47–52.
9. Zovnishnii stinovy teplozvukoizoliatsiinyi blok: pat 121651 Ukraina: MPK E04S 2/10. № 2017 06564; zaiavl. 26.06.2017; opubl. 11.12.2017, Biul. №23. 4 s.
10. Ratushniak G.S. Modeliuvannia teploperedachi cherez zovnishnii bagatosharovyi solomiany stinovy blok / G.S. Ratushniak, Yu.S. Biks, A.O. Lialuk // Suchasni tehnologii, materialy i konstruktstii v budivnytstvi. – 2018. - №1. – s. 50-55.
11. Karkasna stinova panel iz teplozvukoizoliatsiinykh solomianykh blokiv, pat. 127505 Ukraina: MPK E04/S 2/16 zaiavl. 02.02.2018, opubl. 10.08.2018. Biul. №15, 7 s.
12. Brojan L., Petric A., Clouston Peggi L. A comparative study of brick and straw bale wall systems from environmental, economical and energy perspectives. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013. Vol. 8, No. 11. P. 920–926.
13. Semko V.I. Stalevi holodnoformovani tonkostinni konstruktstii. Monografia / V.I. Semko. – Poltava: TOV «ASMG», 2017. – 325 s.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор, декан факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету. ORCID 0000-0001-9656-5150.

Бікс Юрій Семенович – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет. ORCID 0000-0002-5775-2014.

Ратушняк Ольга Георгіївна – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет.

G. Ratushnyak
Y. Bix
O. Ratushnyak

FACTORS OF RELIABILITY OF ENSURING THE ENERGY EFFICIENCY OF MULTILAYERED HEAT-INSULATING CONSTRUCTION PRODUCTS USING STRAW

Vinnitsa National Technical University

To assess the reliability of energy efficiency of multilayer insulating enclosing structures of products made of straw, their classification is proposed for quantitative and qualitative thermal, mechanical and environmental features. To identify the hierarchical relationships between the classified parameters, the mathematical apparatus of fuzzy logic and linguistic variables are used. The linguistic variable that describes thermal and physical factors influencing the reliability of energy efficiency of multilayer insulating enclosing structures is represented by linguistic variables density, specific heat capacity, thermal conductivity, coefficient of heat absorption, vapor penetration and air penetration, thermal inertia and probability of thermal cancellation. The linguistic variable, which describes the mechanical factors of influence, is represented by the linguistic variables bearing capacity, compressive power, rigidity, frost resistance and durability. The linguistic variable, which describes the environmental factors of influence, is represented by the linguistic variables: fire resistance, chemical and biological resistance, harm and sound absorption.

Key words: classification, reliability, linguistic variable, enclosing structures, thermal insulation, straw.

Ratushniak Georgiy – Candidate of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Construction, Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University.

Bix Yuri – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vinnytsia National Technical University.

Ratushniak Olga Georgiyvna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vinnytsia National Technical University.

Г. С. Ратушняк
Ю. С. Бикс
О. Г. Ратушняк

ФАКТОРЫ НАДЕЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОСЛОИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛОМЫ

Винницкий национальный технический университет

Для оценивания надежности обеспечения энергоэффективности многослойных теплоизоляционных ограждающих конструкций изделий из соломы предложено их классификацию за количественными и качественными теплофизическими, механическими и экологическими признаками. Для выявления иерархических связей между классифицированными параметрами использовано математический аппарат нечеткой логики и лингвистические переменные. Лингвистическую переменную, которая описывает теплофизические факторы влияния на надежность обеспечения энергоэффективности многослойных теплоизоляционных ограждающих конструкций, представлено лингвистическими переменными плотность, удельная теплоемкость, теплопроводимость, коэффициент теплоусвоения, паропроникновения и воздухопроникновения, тепловая инерционность и вероятность тепловой отмены. Лингвистическую переменную, которая описывает механические факторы влияния, представлено лингвистическими переменными несущая способность, мощность на сжатие, жесткость, морозостойкость и долговечность. Лингвистическую переменную, которая описывает экологические факторы влияния, представлено лингвистическими переменными огнестойкость, химическая и биологическая стойкость, вредность и звукопоглощение.

Ключевые слова: классификация, надежность, лингвистическая переменная, ограждающие конструкции, теплоизоляция, солома.

Ратушняк Георгий Сергеевич – к.т.н., профессор, декан факультета строительства, теплоэнергетики и газоснабжения Винницкого национального технического университета.

Бикс Юрий Семенович – к.т.н., доцент, Винницкий национальный технический университет.

Ратушняк Ольга Георгиевна – к.т.н., доцент, Винницкий национальный технический университет.