

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ MCDA

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Багатокритеріальну чисельну оцінку потенціалу енергоефективності огороджувальних конструкцій проведено двома популярними методами – методом аналізу ієрархій (АHP) як суб'єктивним методом оцінювання та методом сірого реляційного аналізу (GRA) як об'єктивним методом. Обидва методи дозволяють упорядкувати альтернативи та можуть бути застосовані як інструменти підтримки прийняття рішень у процесі прийняття рішень при виборі найкращої альтернативи з точки зору багатокритеріальної оцінки. Для більш об'єктивного аналізу, прийнято до уваги різні фізичні та фізико-механічні параметри стінових огороджувальних конструкцій та запропоновано концепція узагальненого показника потенціалу енергоефективності оболонки. В якості критеріїв для дослідження були обрані час теплової інерції, внутрішня питома теплоємність, а також безрозмірний показник теплової інерції D , загальний термічний опір стін R_{tot} , маса стіни та вартість матеріалів її шарів.

Проведені дослідження показали, що найкращим типом огороджувальної конструкції стіни з точки зору узагальненого індексу потенціалу енергоефективності є стіна з арболіту та стіна арболіт + солома, майже втричі менший потенціал показала стіна із землєбиту. Стіни з саману(глинобит), чуркобетону та солом'яних панелей мають практично однакове значення узагальненого показника потенціалу енергоефективності. Характерним в аналізі результатів є те, що метод АHP показав більш неоднорідні результати, ніж GRA. Можливою причиною цього є різниця в техніках оцінювання - АHP позиціонується як суб'єктивний метод із парними матрицями порівняння, тоді як GRA вважається об'єктивним методом порівняння.

Ключові слова: метод аналізу ієрархій (АHP), сірий реляційний аналіз (GRA), TOPSIS, методи багатокритеріального аналізу (MCDA), оцінка потенціалу енергоефективності, багатошарові стінові конструкції.

Abstract

The multi-criteria numerical assessment of envelope's energy efficiency potential was performed by two popular methods – Analytic Hierarchy Process (AHP) as the subjective weighting method and Grey Relation Analysis (GRA) as the objective weighting method. Both of methods allow to arrange the alternatives and could be applied as decision support tools in decision making (DM) process of choosing the best alternative in terms of multi-criteria assessment. For more objective analysis, by taking into account the variety of physical and physical-mechanical parameters of the wall assembly material, the concept of generalized index of the envelope energy efficiency potential is proposed. As the important criteria for the research were chosen thermal inertia time, internal areal heat capacity, as well dimensionless index of thermal inertia D , the total thermal resistance of the walls R_{tot} , mass of the wall assembly and costs of its materials.

Conducted research has shown that the best envelope type in terms of generalized index of energy efficiency potential has the hempcrete wall and hempcrete+straw wall, almost three times smaller has the wall of the earthbags. The walls from adobe, cordwood and strawbale panels have practically the equal value of generalized index of energy efficiency potential. It could be observed that AHP method shown more inhomogeneous results, than GRA. The possible reason for that is the difference in evaluation attitude in techniques - AHP is considered as the subjective method with pairwise comparison matrixes, while GRA is objective method of comparison.

Keywords: AHP, GRA, TOPSIS, MCDA methods, energy efficiency potential, assessment. wall assemblies.

Вступ

Глобальна тенденція енергозбереження, з одного боку, та концепція сталого розвитку, з іншого, дедалі більше стимулює використання багатокритеріальних методів аналізу рішень (MCDA) при прийнятті рішень. Як зазначає Wang et al., [1] “методи MCDA стають все більш популярними ... через багатовимірність цілей сталого розвитку та складність соціально-економічних та біофізичних систем”. Також у цьому контексті використання будівельних матеріалів призводить до підвищеної всебічної відповідальності перед наступними поколіннями. Вибір огорожувальних конструкцій елементів стелі / покриття вимагає одночасного аналізу низки впливових факторів [1-6]. Слід зазначити, що різноманітність різнорозмірних критеріїв, які слід порівнювати, і що є “правильним” критерієм у процесі прийняття рішень, до сьогодні залишається великою проблемою. Оптимальний тип матеріалу стін, їх товщини та типу для сучасного будівництва, який є водночас енергоефективним, дешевим та екологічним, все ще залишається невирішеною проблемою та викликом [8]. Аналогічну думку має Stazi F. [2] "... ідентифікація найкращих рішень залишається відкритою проблемою". В тезах в основному розглянуто теплофізичні параметри огорожувальних конструкцій - при стаціонарному та нестаціонарному режимі: загальний термічний опір R_{tot} (m^2K/Wt), час теплової інерції (годин) за [17], внутрішня поверхнева теплоємність (kJ/m^2K) за ISO 13786: 2017 [3], безрозмірний показник теплової інерції D за ДБН В. 2.6-31 та деякі інші.

Результати дослідження

Для проведення чисельного дослідження та аналізу авторами було запропоновано безрозмірний узагальнений індекс потенціалу енергоефективності, який дозволяє комплексно оцінити різновимірні значення характеристик, що входять до його складу. У даній роботі використовуються теплофізичні, економічні та фізичні параметри. Таким чином, трирівнева ієрархічна модель, згідно з АНР (Saaty, 2009), була побудована для визначення безрозмірного узагальненого індексу потенціалу енергоефективності огорожувальної конструкції (рис. 1).



Рис. 1. Ієрархічна модель узагальненого індексу потенціалу енергоефективності огорожувальної конструкції

Порівняння отриманих значень узагальненого показника потенціалу енергоефективності стін, проведений за двома методами MCDA, наведено на рис. 2.

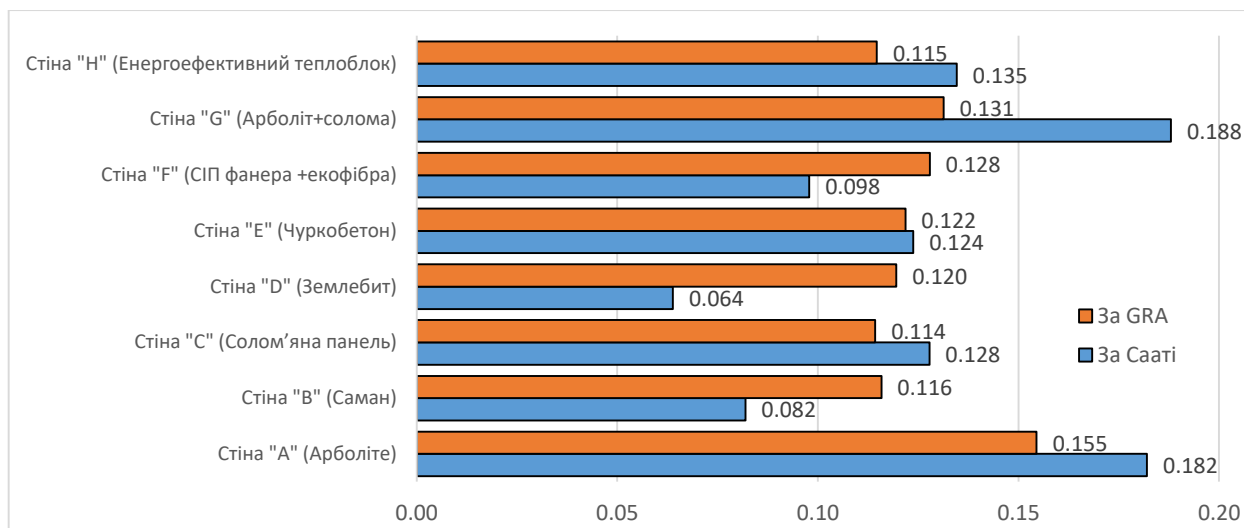


Рис. 2. Узагальнений індекс потенціалу енергоефективності огорожувальної конструкції за методами АНР та GRA

З рис. 2 можна зробити висновок, що метод АНР показав більш неоднорідні результати, ніж GRA. Можливою причиною цього є різниця в самих методах оцінювання - АНР розглядається як суб'єктивний метод, тоді як GRA є об'єктивним методом порівняння.

Висновки

1. Застосування методів багатокритеріального аналізу (MCDA) є широко популярним у сучасних дослідженнях, що стосуються не до кінця визначених даних у галузі оцінки енергоефективності.

2. АНР-метод оцінки узагальненого індексу потенціалу енергоефективності огорожувальної конструкції показав більш неоднорідні результати, ніж GRA. Можливою причиною цього може бути різниця у ставленні до оцінки у конкретних методах - у АНР це може бути упереджена суб'єктивна оцінка, яка мала місце в матрицях попарного порівняння.

3. Згідно з аналізом результатів, обидві багатокритеріальні методи порівняння продемонстрували найкращі два типи альтернатив стін – арболіт (тип «А») та арболіт + солома (тип «Г»).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wang J. J., Jing Y. Y., Zhang C. F., Zhao J. H. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2009. Vol. 13. №9. P. 2263-2278. doi:10.1016/j.rser.2009.06.021.
2. Stazi F. *Thermal Inertia in Energy Efficient Building Envelopes*. Butterworth-Heinemann, 2017. doi: 10.1016/B978-0-12-813970-7.00001-7.
3. Bläsi W. *Bauphysik. Bibliothek des technischen Wissens*. 3 Auflage. Naan: Verlag Europa Lehrmittel, 2001. 536 p.
4. Табунщиков Ю. А., Бродяч М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий: монография. Москва: АВОК, 2012. 204 с.
5. Shimray B. A., Singh, K. M., Mehta, R. K. A survey of multi-criteria decision making technique used in renewable energy planning. *International Journal of Computer*. 2017. Vol. 4523. P. 124-140.
6. Фаренюк Г. П. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ: Гамма-Принт, 2009. 137 с.
7. ISO 13786:2017. *Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods*. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/65711.html> (дата звернення 20.09.2020).
8. Biks Y., Ratushnyak G., Ratushnyak, O. Energy performance assessment of envelopes from organic materials. *Architecture Civil Engineering Environment*. 2019. № 3: 55-67. doi: 0.21307/ACEE-2019-036.
9. Kheiri F. A review on optimization methods applied in energy-efficient building geometry and envelope design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 92. P. 897-920. doi: 10.1016/j.rser.2018.04.080
10. Liu S., Yang Y., Forrest J. *Grey data analysis*. Springer Singapore. Singapore, 2017. Vol. 10. №1007. P. 978-981.
11. Wang J. J., Jing Y. Y., Zhang C. F., Zhang X. T., Shi G. H. Integrated evaluation of distributed triple-generation systems using improved grey incidence approach. *Energy*. 2008. Vol. 33. № 9. P. 1427-1437. doi: 10.1016/j.energy.2008.04.008.
12. Hopfe C. J., Augenbroe G. L., Hensen J. L. Multi-criteria decision making under uncertainty in building performance assessment. *Building and environment*. 2013. № 69, P. 81-90. doi: 10.1016/j.buildenv.2013.07.019.
13. ДСТУ Б В.2.6. – 189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, Мікрореґіон України, 2014. 55 с. (Державний стандарт України).
14. ДСТУ-Н. Б. В. 2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій [Чинний від 2014-01-01]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 40 с. (Державний стандарт України).

15. Філоненко О.І., Юрін О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель: навч. посібник. Полтава: Полтавський національний тех-нічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. 328 с.
16. ДБН В.6 – 31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Вид. Офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. 33 с. (Державні будівельні норми).
17. Коршунов О. В., Зуев В. И. Время тепловой инерции термическое сопротивление слоистых стен. Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. 2011. №4(40). С.23–26.
18. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. Москва: К. дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 360 с.

Ряполов Павло Сергійович – магістрант групи Б-19м, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: b15b.ryapolov@gmail.com

Науковий керівник: **Бікс Юрій Семенович** – к.т.н., доцент, кафедра будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Riapolov Pavlo S. – B-19m group Master's student, Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: kostya_aleks@ro.ru

Supervisor: **Biks Yuriy S.** – PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.