

А. Носовський, І. Скітер*, В. Деренговський, В. Рудько

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Київ, Україна

*Відповідальний автор: i.skiter@ispnpp.kiev.ua

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПТИМАЛЬНОГО ВИБОРУ ТИПУ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Запропоновано модель комплексного оцінювання та вдосконалений метод порівняльного аналізу типів ядерних реакторів для України, що ґрунтуються на методичних підходах, розроблених у межах проєктів “Key Indicators for Innovative Nuclear Energy Systems” (KIND) і “Comparative Evaluation of Nuclear Energy System Options” (CENESO). Формування ключових та допоміжних наборів індикаторів для аналізу проведене згідно з рекомендаціями нормативних документів МАГАТЕ та з урахуванням національних особливостей енергетичної системи України. Формалізовано етапи системного підходу до порівняльного аналізу та розроблено алгоритм оцінки на основі показників та їх індикаторів. Удосконалення методу спрямоване на одночасне врахування кількісних і якісних показників та їх індикаторів, використання адекватних методів визначення вагових коефіцієнтів і розроблення підходів до їх комплексного оцінювання. Розроблені модифікації методів аналізу дають змогу визначати відносні цінності типів ядерних реакторів з урахуванням експертних оцінок та вимог осіб, що приймають рішення. Для комплексної оцінки типів ядерних реакторів було запропоновано зважену «узагальнену інтегральну функцію цінності». Розроблений удосконалений метод базується на системному підході, формуванні масиву кількісних і якісних показників та їх індикаторів для відповідних груп цілей, методі аналізу ієрархій та методі багатокритеріальної оптимізації. Деталізація параметрів типів ядерних реакторів дає змогу врахувати вимоги осіб, які приймають рішення, щодо технічних, економічних, безпекових та інших показників та їх індикаторів.

Ключові слова: типи ядерних реакторів, метод INPRO, ключові індикатори, порівняльний аналіз, системний підхід, експертна оцінка, вагові коефіцієнти, узагальнена функція цінності, комплексне оцінювання альтернатив, оптимальний вибір, прийняття рішень.

A. Nosovskyi, I. Skiter*, V. Derengovskyi, V. Rudko

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, National Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

*Corresponding author: i.skiter@ispnpp.kiev.ua

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR OPTIMAL SELECTION OF THE TYPE OF NUCLEAR REACTOR

The article presents a model for comprehensive assessment and improvement of the comparative analysis method for nuclear reactor types in Ukraine, based on the methods proposed in the KIND and CENESO projects. The formation of key and auxiliary sets of indicators for analysis was carried out in accordance with the recommendations of IAEA regulatory documents and taking into account the national characteristics of Ukraine's energy system. The stages of a systematic approach to comparative analysis were formalized, and an evaluation algorithm based on attributes and their indicators was developed. The purpose of improving the method is the need to simultaneously take into account quantitative and qualitative attributes and their indicators, use adequate methods for determining their weights, and develop methods for the comprehensive evaluation of attributes and their indicators. The developed modifications of the analysis methods make it possible to determine the relative values of nuclear reactor types, taking into account expert assessments and the requirements of decision-makers. A weighted “generalized integral value function” was proposed for the comprehensive assessment of nuclear reactor types. The developed improved method is based on a systematic approach, the formation of an array of quantitative and qualitative attributes and their indicators for the corresponding groups of objectives, the method of hierarchy analysis, and the method of multi-criteria optimization. The detailing of the parameters of nuclear reactor types makes it possible to take into account the requirements of decision-makers regarding technical, economic, safety, and other attributes and their indicators.

Keywords: nuclear reactor types, INPRO method, key indicators, comparative analysis, systematic approach, expert assessment, weighting coefficients, generalized value function, comprehensive assessment of alternatives, optimal choice, decision-making.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. А.В. Носовський, В.І. Борисенко. Щодо будівництва нових ядерних енергоблоків в Україні. *Ядерна енергетика та довкілля* 1(23) (2022) 3. / V.I. Borysenko, A.V. Nosovskyi. On the construction of new nuclear

- power units in Ukraine. *Nuclear Power and the Environment* 1(23) (2022) 3. (Ukr)
2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р (станом на 21.04.2023 р.) / On Approval of the Energy Strategy of Ukraine until 2035 “Security, Energy Efficiency, Competitiveness”. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 18, 2017 No. 605-r (as amended on April 21, 2023). (Ukr)
 3. Application of Multi-criteria Decision Analysis Methods to Comparative Evaluation of Nuclear Energy System Options: Final Report of the INPRO Collaborative Project KIND. IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.20 (Vienna: IAEA, 2019) 229 p.
 4. International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO).
 5. Application of multi-criteria decision analysis methods to comparative evaluation of nuclear energy system options. INPRO Collaborative Project “Key Indicators for Innovative Nuclear Energy Systems” (Vienna: IAEA, 2020) 28 p.
 6. Advanced Reactor Information System.
 7. IAEA. Advanced Reactor Information System (ARIS). Technical Data.
 8. IAEA. Advanced Reactor Information System (ARIS). Characteristics.
 9. Comparative evaluation of nuclear energy system options: Final report of the INPRO collaborative project CENESO (Vienna: IAEA, 2023) 470 p.
 10. Про схвалення Концепції Державної цільової економічної програми розвитку атомно-промислового комплексу на період до 2026 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 № 1804-р (станом на 18.12.2024 р.) / On Approval of the Concept of the State Target Economic Program for the Development of the Nuclear-Industrial Complex for the Period up to 2026. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of December 29, 2021 No. 1804-r (as amended on December 18, 2024). (Ukr)
 11. В.В. Деренговський, І.С. Скітер. Трирівнева модель оцінки потенційних сценаріїв перетворення об’єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему на основі глобального факторально-індикаторного критерію. *Ядерна енергетика та довкілля* 1(23) (2022) 45. / V.V. Derenkovskiy, I.S. Skiter. Three-level model assessment of potential scenarios of the Shelter object transformation into an ecologically safe system based on global factor. *Nuclear Power and the Environment* 1(23) (2022) 45. (Ukr)
 12. The Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). Publications.
 13. European Utility Requirements Association.
 14. IAEA Safety Standards.
 15. State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine. Nuclear Legislation. Legal Acts.
 16. Indicators for Nuclear Power Development (Vienna: IAEA, 2015) 108 p.
 17. Є.М. Неаронов та ін. Дослідження вибору реакторної технології для будівництва заміщуючих та нових енергоблоків АЕС в Україні після 2035 р. *Ядерна енергетика та довкілля* 3(18) (2020) 10. / Y.M. Niearonov et al. Reactor technology rationale for construction of substitution and new power units in Ukraine after 2035. *Nuclear Power and the Environment* 3(18) (2020) 10. (Ukr)
 18. Guidance for the Application of an Assessment Methodology for Innovative Nuclear Energy Systems. INPRO Manual – Overview of the Methodology (Vienna: IAEA, 2008) 136 p.
 19. Framework for Assessing Dynamic Nuclear Energy Systems for Sustainability: Final Report of the INPRO Collaborative Project GAINS (Vienna: IAEA, 2013) 253 p.
 20. H. Taherdoost, M. Madanchian. Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia* 3(1) (2023) 77.
 21. V. Kuznetsov et al. Innovative nuclear energy systems: State-of-the art survey on evaluation and aggregation judgment measures applied to performance comparison. *Energies* 8(5) (2015) 3679.
 22. В.В. Деренговський, А.В. Носовський. Удосконалений метод багатокритеріального аналізу екологічної безпеки об’єктів із радіаційно-ядерними технологіями. *Ядерна фізика та енергетика* 19 (2018) 166. / V.V. Derengovskiy, A.V. Nosovskiy. Improved method of multi-criteria analysis of environmental safety of objects with radiation-nuclear technologies. *Nucl. Phys. At. Energy* 19 (2018) 166. (Ukr)
 23. I.S. Skiter, V.V. Derenkovskiy. Analysis of scenarios for transforming the object “Ukryttya” into an environmentally safe system by the method of multicriteria optimization. *Nucl. Phys. At. Energy* 25 (2024) 47.
 24. Н.І. Власенко, О.В. Годун, В.Я. Шендерович. Предложения по формированию критериев выбора проектов новых энергоблоков АЭС Украины. *Ядерна та радіаційна безпека* 1(73) (2017) 10. / N.I. Vlasenko, O.V. Godun, V.Ya. Shenderovych. Proposals for forming criteria for the selection of new nuclear power unit projects for Ukraine. *Nuclear and Radiation Safety* 1(73) (2017) 10. (Rus)
 25. К.Б. Денисевич та ін. Наук. ред. Ю.О. Ландау, І.Я. Сігал. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Розвиток атомної енергетики та об’єднаних енергосистем (Київ, 2013) 304 с. / K.B. Denisevych et al. Yu.O. Landau, I.Ya. Sigal (Eds.). Energy: History, Present, and Future. Development of Nuclear Power and Integrated Energy Systems (Kyiv, 2013) 304 p. (Ukr)