

DOI 10.15589/jnn20170310  
УДК 005.8:330.131.7  
Б91

## ESTIMATION OF PROBABILITY OF RISKS IN THE PROJECT OF CREATION OF PLASMA-CHEMICAL ELEMENTS

## ОЦІНКА ЙМОВІРНОСТЕЙ РИЗИКІВ ПРОЕКТУ ЗІ СТВОРЕННЯ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Kateryna S. Burunsuz  
kateryna.burunsuz@nuos.edu.ua  
ORCID:0000-0001-5778-6663

К. С. Бурунсuz,  
асп.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

**Abstract.** Basic models and methods of assessment of project risks have been considered. The main stages of the risk management process for the projects of creation of plasma-chemical elements (PCEs) for clean energy systems are proposed. The algorithm of developing a risk assessment model for the international projects of creation of plasma-chemical systems is provided. The risk framework of international project of creation of PCEs is presented. The model of analytical network process is applied. A verbal scale of relative importance for pairwise comparison of factors is used. The algorithm for determining risk-significance of the project of creation of PCEs is presented. A pairwise comparison of risk factors at implementation of international projects of creation of PCEs is performed. The normalized matrix is developed to determine the probability of occurrence of each factor. The consistency index and the consistency ratio are computed. Probabilities of occurrence of risks of subfactors in the project of creation of PCEs are provided.

**Keywords:** plasma-chemical elements; risk management; hierarchical risk structure; analytic hierarchy process; normalized matrix.

**Анотація.** Подано алгоритм визначення значущості факторів ризику проекту створення плазмохімічних елементів (ПХЕ) для екологічно чистих енергетичних систем. Наведено ймовірності виникнення ризиків субфакторів у проекті зі створення ПХЕ.

**Ключові слова:** плазмохімічні елементи; управління ризиками; ієрархічна структура ризиків; аналітичний мережний процес; нормалізована матриця.

**Аннотация.** Представлен алгоритм определения значимости факторов риска проекта создания плазмохимических элементов (ПХЭ) для экологически чистых энергетических систем. Приведены вероятности возникновения рисков субфакторов в проекте по созданию ПХЭ.

**Ключевые слова:** плазмохимические элементы; управление рисками; иерархическая структура рисков; аналитический сетевой процесс; нормализованная матрица.

## REFERENCES

- [1] Burunsuz K. S. *Osoblyvosti proektiv rozvytku enerhetychnykh system z vykorystanniam plazmokhimichnykh elementiv* [Special features of the projects for development of power systems with plasma-chemical elements]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK — Collection of scientific publications of NUOS*. Mykolaiv, NUOS Publ., 2015, no. 6, pp. 33–39.
- [2] Burunsuz K. S. *Identyfikatsiya ryzykiv na stadiiakh zhitteвого tsykla proektiv zi stvorennia plazmokhimichnykh elementiv dlia ekologichno chystykh enerhetychnykh system* [Risk identification at the life cycle stages of the projects on creation of plasma-chemical elements for nonpolluting energy systems]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK — Collection of scientific works of NUS*, Mykolaiv, NUS Publ., 2016, issue 4, pp. 106–112.
- [3] *Rukovodstvo k Svodu znaniy po upravleniu proektami* [A Guide to the Project Management Body of Knowledge] *Amerikanskiy natsionalnyy standart* [American national standard]. Project Management Institute, 2013. 658 p.
- [4] Saaty T. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy* [Decision making. Analytic Hierarchy Process]. Moscow, Radio and communication Publ., 1995. 244 p.
- [5] Chapman C. Key points of contention in framing assumptions for risk and uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 2006, no. 24, pp. 303–313.

- [6] Dey P. K. Project risk management using multiple criteria decision-making technique and decision tree analysis: a case study of Indian oil refinery. *Production Planning & Control*, DOI:10.1080/09537287.2011.58637.
- [7] Dikmen I. Neural Network Model to Support International Market Entry Decisions. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 2004, no. 130 (1), pp. 59–66.
- [8] Dikmen I., Birgonul M. T., Han S. Using Fuzzy Risk Assessment to Rate Cost Overrun Risk in International Construction Projects. *International Journal of Project Management*, 2007, no. 25 (5), pp. 494–505.
- [9] Dumbravă V., Iacob V. S. Using Probability — Impact Matrix in Analysis and Risk Assessment. *Projects Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 2013, special issue, pp. 76–96.
- [10] Han S. H., Dikmen I. E. Approaches for Making Risk-Based Go/No-Go Decision for International Projects. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 2001, no. 127 (4), pp. 300–308.
- [11] Han S. H., Dikmen I. E., Lee Y., Ock J. H. Multicriteria Financial Portfolio Risk Management for International Projects. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 2004, no. 130 (3), pp. 346–356.
- [12] Hastak M., Shaked A. ICRAM-1: Model for international construction risk assessment. *ASCE Journal of Management in Engineering*, 2000, no. 16 (1), pp. 59–69.
- [13] Hillson D. Using a Risk Breakdown Structure in Project Management. *Journal of Facilities Management*, 2003, no. 2 (1), pp. 85–97.
- [14] Plasma Assisted Combustion, Gasification, and Pollution Control. Volume 1. Methods of plasma generation for PAC. Chief editor I. B. Matveev. Denver, Colorado, Outskirts Press, Inc. Publ., 2013, 538 p.
- [15] Serbin S. I., Matveev I. B., Goncharova N. A. Plasma-assisted reforming of natural gas for GTL. Part 1. *IEEE Transactions on Plasma Science, Special Issue on Plasma-Assisted Technologies*, 2014, vol. 42, issue 12, pp. 3896–3900.
- [16] Tah J. H., Carr V. Information Modeling for A Construction Project. *Management System Engineering, Construction and Architecture Management*, 2000, no. 7 (2), pp. 107–119.
- [17] Tah J. H., Carr V. Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain. *Advances in Engineering Software*, 2001, no. 32, pp. 835–846.
- [18] Thuyet N. V., Ogunlana S. O., Dey P. K. Risk management in oil and gas construction projects in Vietnam. *International Journal of Energy Sector Management*, 2007, no. 1 (2), pp. 175–194.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Важливим кроком у процесі управління ризиками в проектах і програмах є побудова ієрархічної структури ризиків на підставі їх оцінки. Визначені особливості [2] міжнародного проекту зі створення плазмохімічних елементів [1, 14, 15] показують, що більшість традиційних методів оцінки ризиків є недостатніми, тому альтернативні підходи стають обов'язковими для розробки надійної комплексної методики оцінки ризиків, у якій повинні враховуватися результати взаємодії між собою визначених основних факторів.

Процеси управління ризиками в проектах зі створення ПХЕ для екологічно чистих енергетичних систем інтегрують у собі різні напрями діяльності: наукові дослідження й розробки, правову охорону, фінанси, маркетинг, оперативне управління проектуванням і виробництвом, зв'язки з громадськістю, логістику та ін. У практиці ризик-менеджменту основні міжфакторні зв'язки перебувають у складній взаємодії, а невизначеність ієрархічної структури самих факторів та їх складових призводить до значних втрат фінансових і матеріальних ресурсів проектів. Ця ситуація вимагає, перш за все, оцінки ймовірностей виникнення ризиків, що за умов її відсутності стосовно проектів зі створення ПХЕ

для екологічно чистих енергетичних систем робить це завдання актуальним, таким, що має прикладне значення.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Оцінка ризиків є кроком, який визначає їх пріоритетність для подальшого аналізу на основі кількісної оцінки. Виконаний аналіз науково-технічної літератури з питань ризик-менеджменту, щодо міжнародних проектів визначив такі результати. У роботі [8] запропоновано методику, яка забезпечує систематичний спосіб для ідентифікації та кількісної оцінки ризиків, що залежать від країни й умов проекту з використанням діаграм впливу й методики нечіткої оцінки ризиків. Міжнародна модель оцінки ризиків (ICRAM-1), наведена в [11], використовується з метою забезпечення структурованого підходу до оцінки показників ризику міжнародних проектів. Модель розроблено для оцінки рівня ризику конкретного проекту з використанням методу аналізу ієрархічної структури. У [10] застосовано перехресну модель аналізу впливу для оцінки ризиків, пов'язаних з міжнародними проектами. Нейромережну модель розроблено в [7] як інструмент підтримки прийняття рішень у міжнародних проектах з точки зору їх при-

вабливості і конкурентоспроможності на основі досвіду роботи на міжнародних ринках.

Концептуальні й аналітичні моделі управління ризиками, які застосовуються до міжнародних проєктів, подано у [8]. Багатокритеріальну модель прийняття рішень як основу для фінансового управління портфельним ризиком у міжнародних проєктах за допомогою інтеграції ієрархії ризиків на проєктному і корпоративному рівнях наведено в [13].

Було доведено [12], що структурування є одним з важливих елементів стратегії забезпечення формального підходу й розуміння інформації під час виконання проєкту. Ієрархічне подання джерел ризику названо ієрархічною структурою ризиків проєкту (Hierarchical Risk Breakdown Structure — HRBS) [12, 16]. HRBS може бути визначена як джерелоорієнтоване угруповання ризиків, яке організовує та визначає загальний ризик проєкту або бізнесу, причому кожен спадний рівень являє собою все більш детальне визначення джерел ризику. HRBS — це ієрархічна структура передбачуваних джерел ризику й дуже корисний інструмент для адекватного розуміння прогнозованих ризиків проєкту. Таким чином, HRBS може бути застосована для структурування й керівництва процесом управління ризиками. Зображення джерел ризику в ієрархічній структурі має істотні переваги, оскільки візуалізація будь-якої проблеми займає ключову позицію в процесі успішного управління. Інша перевага HRBS є використання її як основи для формальної моделі оцінки ризику [16].

Аналітично-мережний процес (АМП) [4] надає гнучкий і легко зрозумілий спосіб аналізу складних проблем. Це методика кількох критеріїв прийняття рішень, що допускає суб'єктивні, а також об'єктивні фактори, які необхідно враховувати в процесі прийняття рішень. Аналітично-мережний процес долучає до активної участі осіб, що приймають рішення (ОПР), і дає керівникам раціональну основу для прийняття рішень.

Формулювати розв'язання задачі у вигляді ієрархічної структури — це перший крок АМП. У типовій ієрархії на верхньому рівні відображається загальна мета (фокус) вирішення проблеми. Елементи, що впливають на рішення, наведено в проміжних рівнях. Найнижчий рівень містить у собі варіанти рішень. Після того, як створена ієрархія, ОПР починає процедуру пріоритетності для визначення відносної значущості елементів на кожному рівні ієрархії. Елементи кожного рівня порівнюються попарно з точки зору їх значущості. Після створення спеціальної матриці порівняння відносні ваги є похідними для різних елементів. Відносні значення елементів кожного рівня обчислюється як компоненти нормованих власних векторів, пов'язаних з найбільшим власним значенням матриці порівняння. Тоді композитні ваги визначаються шляхом підсумовування ваг за ієрархією. Результат цієї

агрегації являє собою нормований вектор із загальної маси варіантів. Математична основа для визначення вагових коефіцієнтів була запропонована Сааті [4].

Виконаний аналіз довів, що всі розглянуті вище моделі не враховують особливості інноваційних проєктів зі створення плазмохімічних енергетичних систем, тому потрібна їх конкретизація відповідно до умов виконання подібних проєктів.

**МЕТА СТАТТІ** — визначення ймовірностей виникнення ризиків проєктів зі створення ПХЕ для екологічно чистих енергетичних систем.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Згідно зі стандартом РМВОК [3] управління ризиками — це систематичний процес ідентифікації, аналізу й реагування на ризики проєкту. Він включає в себе максимізацію ймовірності й наслідків настання позитивних подій і мінімізацію ймовірності та наслідків настання несприятливих подій, а також їх вплив на цілі проєкту. Управління ризиками має шість ступенів. Це планування управління ризиками, ідентифікація ризиків, якісний аналіз ризиків, кількісний аналіз ризиків, планування реагування на ризики, моніторинг і контроль ризику.

Установлено, що існує тісний взаємозв'язок між параметрами управління ризиками, зусиллями, прикладеними до проєкту, і рівнем успішності проєкту.

Для визначення етапів управління ризиками проєктів зі створення плазмохімічних систем застосовано підхід [9], який передбачає такі послідовні кроки: визначення контексту, у якому виникає ризик, його ідентифікація, аналіз, оцінка ризику та його контроль.

На рис. 1 наведено запропоновані етапи процесу управління ризиками стосовно проєктів зі створення ПХЕ для екологічно чистих енергетичних систем.

Успіх міжнародного проєкту дуже сильно залежить від ризиків, властивих конкретним країнам-виконавцям проєкту, та технічних особливостей проєкту. Для аналізу перспективності міжнародного проєкту зі створення плазмохімічних систем необхідно виявити вплив внутрішнього й зовнішнього середовища на проєкт, сучасної ринкової ситуації й поєднати їх з ризиками конкретного проєкту [11, 14, 15].

Успішність реалізації міжнародних проєктів зі створення енергетичних систем з ПХЕ зумовлена рядом факторів, найважливішим з яких є інтернаціоналізація прийняття рішень щодо вибору ринку для впровадження проєкту, безпосереднього відбору проєктів тощо.

Перш ніж оцінювати привабливість конкретних ринку/країни, де має виконуватися проєкт зі створення ПХЕ, замовники завжди повинні перевірити, чи існують позитивні умови ведення бізнесу на цьому ринку. Під час вибору перспективного міжнародного ринку конкретна країна має бути визначена з урахуванням

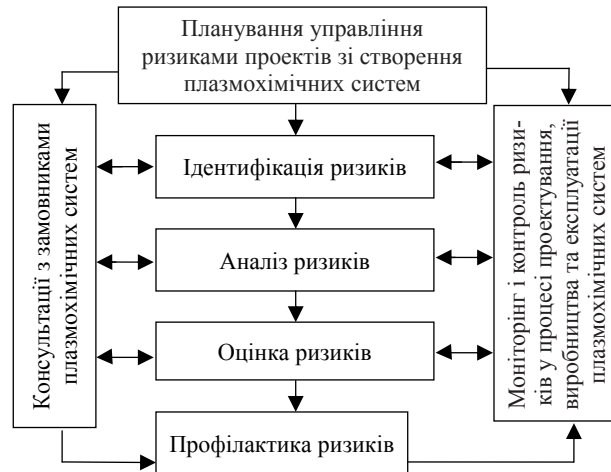


Рис. 1. Етапи управління ризиками проектів зі створення ПХЕ для екологічно чистих енергетичних систем

перспектив ведення бізнесу, прозорості, корумпованості влади, наявності технічних і технологічних ресурсів тощо. У цей момент усі сильні й слабкі сторони, можливості й загрози (SWOT-аналіз) потрібно поєднувати з результатами екологічного моніторингу.

Стейкхолдери проекту, звісно, повинні перевірити всі потенційно можливі проекти й прийняти рішення про участь у них, яке базується на основі комплексної оцінки привабливості проекту й конкурентоспроможності компаній. При цьому рівень привабливості визначається шляхом оцінки потенційної прибутковості та стратегічної важливості проекту для компанії. Крім того, оцінка ризику й визначення очікуваного рівня ризику проекту має вирішальне значення [17].

Процес розробки моделі оцінки ризиків міжнародних проектів зі створення плазмохімічних систем повинен містити основні кроки.

1. Ідентифікація ризиків: виявлення факторів ризику, пов'язаних з міжнародними проектами зі створення ПХЕ, за допомогою огляду технічної та комерційної літератури, залучення експертів з міжнародних плазмових центрів, використання особистого досвіду тощо.

2. Розробка концептуальної моделі: створення ієрархічної структури ймовірності виникнення ризиків проекту, що містить кластеризовані фактори ризику [12].

3. Застосування методу аналізу ієрархії для визначення впливу ризиків на успішність виконання міжнародного проекту зі створення плазмохімічних систем.

Проведені раніше дослідження [1, 2] дозволили ідентифікувати біля 60 ризиків проектів зі створення ПХЕ у розрізі фаз життєвого циклу. Однак використаний метод ідентифікації забезпечує тільки так званий неструктурований список ризиків, який не дає

можливості спрямовувати зусилля з управління ризиками в найбільш доцільному напрямку.

Для створення HRBS проектів зі створення плазмохімічних систем можуть бути прийняті ряд класифікацій. Наприклад, ризики можуть бути розділені на ті, що пов'язані з внутрішнім управлінням ресурсами, і ті, які пов'язані із зовнішніми організаціями. Ризики, які привносяться із зовнішнього середовища, можуть бути некерованими, ці ризики містять у собі інфляцію, коливання валютних курсів й зміни інституціональних вимог і регламентів. З іншого боку, внутрішні ризики, як правило, керовані й залежать від місії й цілей проекту. Внутрішні ризики включають у собі аспекти наявності ресурсів, умов контракту, місця виконання проекту тощо. Залежно від впливу ризики можуть бути глобальними або локальними. Проекти зі створення ПХЕ використовують складні технології, які роблять їх вразливими в плані часу, витрат і досягнення високої якості.

Для подальшої кількісної оцінки ризиків проекту зі створення ПХЕ всі джерела ризиків класифіковано в загальному вигляді за п'ятьма основними категоріями, які описують їх природу: макрорівень, міжнародний рівень, стейкхолдери, ринковий рівень і проектний рівень.

Основні ризики міжнародного проекту створення плазмохімічних елементів показано на рис. 2.

Запропоновану структуру ризиків будемо використовувати далі в моделі АМП. У дослідженні застосовано вербальну шкалу відносної важливості парного порівняння факторів (табл. 1) за Сааті [4].

Визначення значущості факторів ризику проекту зі створення плазмохімічних елементів проводилося за алгоритмом [6].

1. Побудова матриці парних порівнянь факторів проекту зі створення ПХЕ:



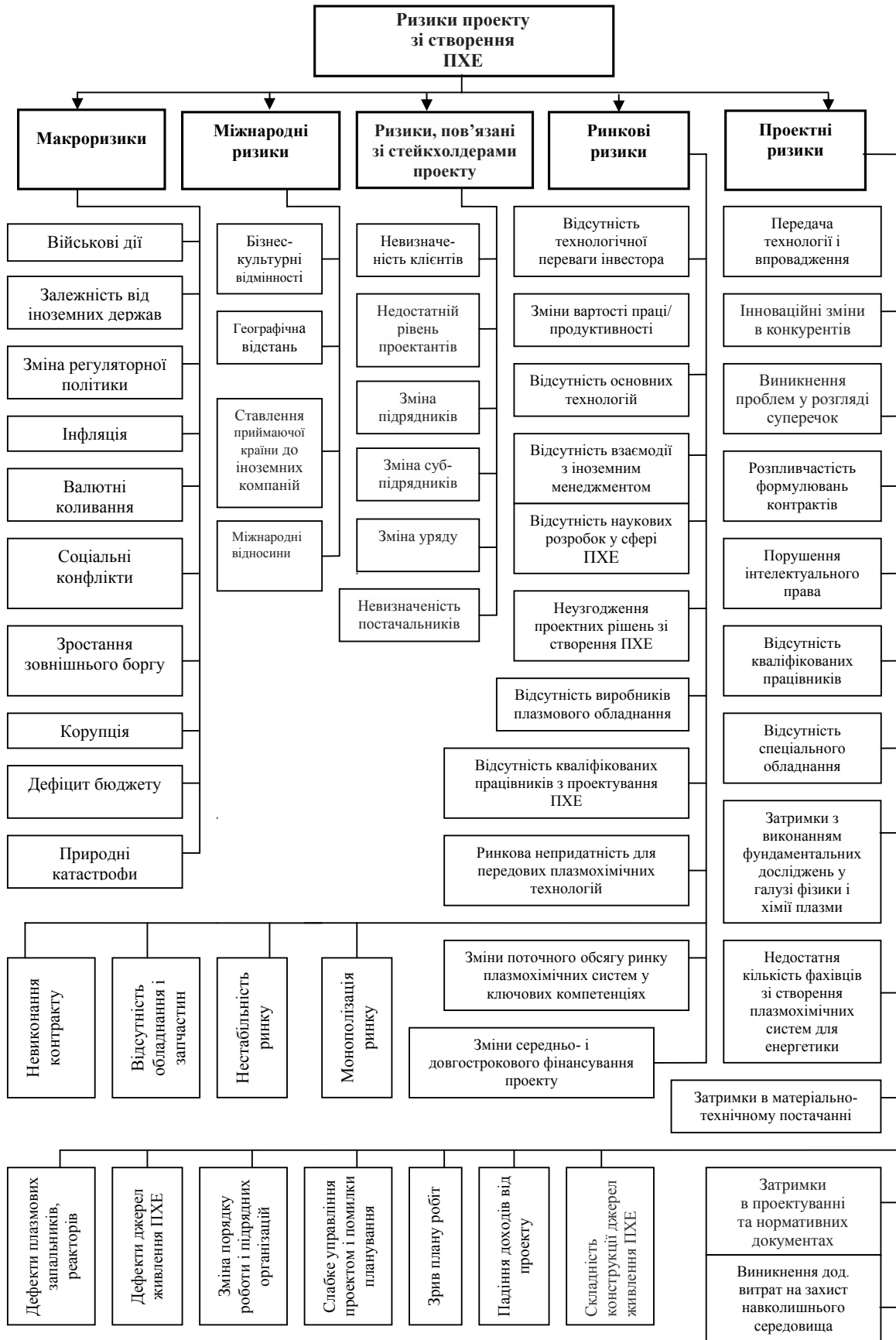


Рис. 2. Структура ризиків міжнародного проєкту зі створення ПХЕ

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix},$$

де  $n$  — кількість елементів (факторів ризику);  $a_{ij}$  — порівняння елемента  $i$  з елементом  $j$  відносно кожного критерію (див. табл. 1).

2. Розробка нормалізованої матриці проекту зі створення ПХЕ:

$$A' = \begin{pmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{i \in R} a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum_{i \in R} a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum_{i \in R} a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum_{i \in R} a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum_{i \in R} a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum_{i \in R} a_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{\sum_{i \in R} a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum_{i \in R} a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum_{i \in R} a_{in}} \end{pmatrix},$$

де  $R$  — сукупність вимог зацікавлених сторін, тобто  $R = \{1, 2, \dots, n\}$ .

3. Обчислення середньоарифметичного значення в кожному рядку матриці  $A'$  для одержання вектор-стовпця:

$$C = \begin{pmatrix} c_{1k}^1 \\ \dots \\ c_{nk}^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\frac{a_{11}}{\sum_{i \in R} a_{i1}} + \frac{a_{12}}{\sum_{i \in R} a_{i2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum_{i \in R} a_{in}}}{n} \\ \dots \\ \frac{\frac{a_{n1}}{\sum_{i \in R} a_{i1}} + \frac{a_{n2}}{\sum_{i \in R} a_{i2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum_{i \in R} a_{in}}}{n} \end{pmatrix},$$

де  $c_{ik}^1$  — важливість фактора ризику.

4. Перевірка послідовності АМП:

$$\bar{C} = \begin{pmatrix} \bar{c}_{1k} \\ \dots \\ \bar{c}_{nk} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{c_{1k}^1 a_{11} + c_{2k}^1 a_{12} + \dots + c_{nk}^1 a_{1n}}{c_{1k}^1} \\ \dots \\ \frac{c_{1k}^1 a_{n1} + c_{2k}^1 a_{n2} + \dots + c_{nk}^1 a_{nn}}{c_{nk}^1} \end{pmatrix},$$

де  $\bar{C}$  — зважена сума векторів.

5. Обчислення середніх значень вектора  $\bar{C}$  для одержання максимального власного значення матриці  $A$ :

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i \in R} \bar{c}_{ik}^1}{n}.$$

6. Обчислення індексу узгодженості:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

7. Обчислення коефіцієнта узгодженості:

$$CR = \frac{CI}{RI(n)} \cdot 100,$$

де  $RI(n)$  — випадковий індекс, значення якого залежить від значення  $n$ .

Якщо коефіцієнт узгодженості  $CR$  менше ніж 10%, то відносна важливість факторів ризику приймається за рекомендаціями [6].

З урахуванням рекомендацій ряду експертів із чотирьох країн, які входять до складу International Plasma Technology Center, з використанням методу Дельфі було виконано попарне порівняння факторів ризику виконання міжнародних проектів зі створення ПХЕ для визначення ймовірностей їх прояву. Результати порівняння наведено в табл. 2 і 3.

Таблиця 1. Шкала відносної важливості парного порівняння Саати [4]

Інтенсивність	Визначення
1	Об'єкти рівноцінні
3	Один об'єкт незначно важливіший за інший
5	Один об'єкт значно важливіший за інший
7	Один об'єкт явно важливіший за інший
9	Один об'єкт за своєю значущістю абсолютно перевершує інший
2, 4, 6, 8	Проміжні значення для полегшення компромісу

Таблиця 2. Матриця порівняння за фактором рівня

Фактори	Макроризики	Ринкові ризики	Проектні ризики	Стейк-холдери	Міжнародні ризики
Макроризики	1	2	3	5	7
Ринкові ризики	1/2	1	2	3	4
Проектні ризики	1/3	1/2	1	3	4
Стейкхолдери	1/5	1/3	1/3	1	2
Міжнародні ризики	1/7	1/4	1/4	1/2	1
Сума	2,1762	4,0833	6,5833	12,5	18

Таблиця 3. Нормалізована матриця для визначення ймовірності виникнення кожного фактору

						Імовірність
Макроризики	0,460 <sup>1</sup>	0,490	0,456	0,400	0,389	0,439 <sup>2</sup>
Ринкові ризики	0,230	0,245	0,304	0,240	0,222	0,248
Проектні ризики	0,153	0,122	0,152	0,240	0,222	0,178
Стейкхолдери	0,092	0,082	0,051	0,080	0,111	0,083
Міжнародні ризики	0,066	0,061	0,038	0,040	0,056	0,052

<sup>1</sup>  $1/2,1762 = 0,460$  (кожна комірка була розділена на суму стовпця у вигляді нормованої матриці).

<sup>2</sup> імовірність виникнення факторів ризику визначається шляхом усереднення чисел у кожному рядку  $(0,460 + 0,490 + 0,546 + 0,400 + 0,389)/5 = 0,439$ .

Примітка:  $\lambda_{\max} = 2,1762 \times 0,439 + 4,0833 \times 0,248 + 6,5833 \times 0,178 + 12,5 \times 0,083 + 18 \times 0,052 = 5,1152$ ; індекс узгодженості  $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ ;  $CI = (5,1152 - 5)/(5 - 1) = 0,028806$ ; коефіцієнт узгодженості  $CR = 2,57\%$ . Він менший ніж 10%, що цілком допустимо.

У роботі [1] проведено ідентифікацію ризиків на стадіях життєвого циклу проектів зі створення ПХЕ — виявлено майже 70 різних субфакторів.

Для всіх цих раніше виявлених субфакторів для розрахунку відповідних імовірностей проведено ранжування ризиків, узагальнені результати якого наведено в табл. 4. Відзначимо, що ймовірність виникнення ризиків від субфакторів, які не залежать (або мало залежать) від замовника і виконавця, приймалася постійною.

Таблиця 4. Імовірності виникнення ризиків субфакторів у проекті зі створення ПХЕ

Фактори	Імовірність	Субфактори	Імовірність	
			LP <sup>3</sup>	GP <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
Макро- ризики	0,439	Військові дії	0,200	0,088
		Природні катастрофи	0,150	0,066
		Соціальні конфлікти	0,150	0,066
		Залежність від іноземних держав	0,072	0,031
		Зміна регуляторної політики держави	0,072	0,031
		Інфляція та економічний спад	0,072	0,031
		Валютні коливання	0,072	0,031
		Зростання зовнішнього боргу	0,072	0,031
		Корупція	0,072	0,031
		Дефіцит бюджету	0,072	0,031
Ринкові ризики	0,248	Зміни середньо- і довгострокового фінансування проекту	0,161	0,040
		Відсутність виробників плазмового обладнання	0,161	0,040
		Відсутність технологічної переваги інвестора	0,056	0,014
		Відсутність основних технологій та обладнання	0,056	0,014
		Невиконання контракту	0,056	0,014
		Відсутність наукових розробок у сфері плазмохімічних систем	0,056	0,014
		Неузгодження проектних рішень зі створення плазмохімічних систем	0,056	0,014
		Відсутність кваліфікованих працівників з проектування ПХЕ	0,056	0,014
		Зміни вартості праці/ продуктивності	0,056	0,014
		Відсутність обладнання і запчастин	0,056	0,014
		Відсутність взаємодії з іноземним менеджментом місцевих підрядників	0,056	0,014
		Зміни поточного обсягу ринку плазмохімічних систем у ключових компетенціях	0,056	0,014
		Нестабільність ринку	0,056	0,014
		Ринкова непридатність для передових плазмохімічних технологій	0,030	0,007
		Монополізація ринку	0,030	0,007

Закінчення табл. 4

1	2	3	4	5
Проектні ризики	0,178	Фінансові труднощі внаслідок валютних коливань обмінного курсу	0,132	0,024
		Передача технології й впровадження	0,027	0,005
		Інноваційні зміни в конкурентів	0,027	0,005
		Виникнення проблем у розгляді суперечок у зв'язку із законами країни	0,027	0,005
		Розпливчастість формулювань контрактів	0,027	0,005
		Порушення інтелектуального права	0,027	0,005
		Відсутність кваліфікованих працівників	0,027	0,005
		Відсутність спеціального обладнання	0,027	0,005
		Затримки з виконанням фундаментальних досліджень у галузі фізики і хімії плазми	0,027	0,005
		Недостатня кількість фахівців зі створення плазмохімічних систем для енергетики	0,027	0,005
		Затримки в матеріально-технічному постачанні	0,027	0,005
		Затримки в проектуванні та нормативних документах	0,027	0,005
		Дефекти плазмових запильників, реакторів, форсунок, генераторів водневмісного газу	0,027	0,005
		Дефекти джерел живлення плазмохімічних систем	0,027	0,005
		Зміна порядку роботи й підрядних організацій	0,027	0,005
		Слабке управління проектом і помилки планування	0,027	0,005
		Зрив плану робіт з технологічної підготовки виробництва	0,027	0,005
		Погана якість матеріалів	0,027	0,005
		Падіння доходів від проекту	0,027	0,005
		Виникнення додаткових витрат на захист навколишнього середовища	0,027	0,005
		Виникнення екологічних обмежень на компоненти	0,027	0,005
		Техногенні аварії	0,027	0,005
		Слабке управління змістом і термінами проекту	0,027	0,005
		Слабке управління вартістю проекту	0,027	0,005
		Слабке управління якістю проекту	0,027	0,005
		Слабке управління ризиками проекту	0,027	0,005
		Слабке управління закупівлями	0,027	0,005
		Виникнення конфлікту з інженерами	0,027	0,005
Виникнення конфлікту з клієнтами	0,027	0,005		
Складність конструкції ПХЕ	0,027	0,005		
Складність конструкції джерел живлення ПХЕ	0,027	0,005		
Низька технологічність	0,027	0,005		
Відсутність досвіду з виготовлення елементів систем плазмохімічної інтенсифікації	0,009	0,002		
Недостатня якість науково-технічних розробок зі створення ПХЕ	0,009	0,002		
Ризики, пов'язані зі стейкхолдерами проекту	0,083	Невизначеність клієнтів	0,507	0,042
		Зміна уряду	0,054	0,005
		Недостатній рівень проєктантів	0,117	0,010
		Невизначеність постачальників	0,107	0,009
		Зміна підрядників	0,107	0,009
		Зміна субпідрядників	0,107	0,009
Міжнародні ризики	0,052	Міжнародні відносини	0,532	0,028
		Географічна відстань	0,186	0,010
		Ставлення приймаючої країни до іноземних компаній	0,186	0,010
		Бізнес-культурні відмінності	0,097	0,005

<sup>3</sup> LP — локальна ймовірність; GP — глобальна ймовірність.



**ВИСНОВКИ.** 1. Розроблено структуру ризиків міжнародного проекту зі створення ПХЕ для енергетичних систем містить кластеризовані фактори ризику й дозволяє на етапі ініціації проекту проводити визначення локальних і глобальних імовірностей їх виникнення. 2. Відповідно до запропонованої структури ризиків міжнародного проекту зі створення ПХЕ для енергетичних систем найбільш імовірними слід вважати макроризики (0,439), ринкові (0,248) та проектні (0,178) ризики.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Бурунсуз К. С.** Особливості проектів розвитку енергетичних систем з використанням плазмохімічних елементів [Текст] / К. С. Бурунсуз // Збірник наукових праць НУК. — Миколаїв : Видавництво НУК, 2015. — Вип. 6. — С. 33–39.
- [2] **Бурунсуз К. С.** Ідентифікація ризиків на стадіях життєвого циклу проектів зі створення плазмохімічних елементів для екологічно чистих енергетичних систем [Текст] / К. С. Бурунсуз // Збірник наукових праць НУК. — Миколаїв : Видавництво НУК, 2016. — № 4. — С. 106–112.
- [3] Руководство к Своду знаний по управлению проектами. Пятое издание (Руководство РМВОК®) Американский национальный стандарт [Текст] / Project Management Institute. — 2013. — 658 с.
- [4] **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] : пер. с англ. под ред. И. А. Ушакова / Т. Саати. — М. : Радио и связь, 1995. — 244 с.
- [5] **Chapman C.** Key points of contention in framing assumptions for risk and uncertainty management [Text] / C. Chapman // International Journal of Project Management. — 2006. — № 24. — Pp. 303–313.
- [6] **Dey P. K.** Project risk management using multiple criteria decision-making technique and decision tree analysis: a case study of Indian oil refinery, Production Planning & Control, DOI:10.1080/09537287.2011.58637.
- [7] **Dikmen I.** Neural Network Model to Support International Market Entry Decisions [Text] / I. Dikmen, M. T. Birgonul // ASCE Journal of Construction Engineering and Management. — 2004. — № 130 (1). — Pp. 59–66.
- [8] **Dikmen I.** Using Fuzzy Risk Assessment to Rate Cost Overrun Risk in International Construction Projects [Text] / I. Dikmen, M. T. Birgonul, S. Han // International Journal of Project Management. — 2007. — № 25 (5). — Pp. 494–505.
- [9] **Dumbravă V.** Using Probability — Impact Matrix in Analysis and Risk Assessment [Text] / V. Dumbravă, V. S. Iacob // Projects Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology. — Special Issue, 2013. — Pp. 76–96.
- [10] **Han S. H.** Approaches for Making Risk-Based Go/No-Go Decision for International Projects [Text] / S. H. Han, I. E. Dikmen // ASCE Journal of Construction Engineering and Management. — 2001. — № 127 (4). — Pp. 300–308.
- [11] **Han S. H.** Multicriteria Financial Portfolio Risk Management for International Projects [Text] / S. H. Han, I. E. Dikmen, Y. Lee, J. H. Ock // ASCE Journal of Construction Engineering and Management. — 2004. — № 130 (3). — Pp. 346–356.
- [12] **Hastak M.** ICRAM-1: Model for international construction risk assessment [Text] / M. Hastak, A. Shaked // ASCE Journal of Management in Engineering. — 2000. — № 16 (1). — Pp. 59–69.
- [13] **Hillson D.** Using a Risk Breakdown Structure in Project Management [Text] / D. Hillson // Journal of Facilities Management. — 2003. — № 2(1). — Pp. 85–97.
- [14] Plasma Assisted Combustion, Gasification, and Pollution Control. Volume 1. Methods of plasma generation for PAC [Text] / Chief editor I. B. Matveev. — Denver, Colorado : Outskirts Press, Inc., 2013. — 538 p.
- [15] **Serbin S. I.** Plasma-assisted reforming of natural gas for GTL. Part 1 [Text] / S. I. Serbin, I. B. Matveev, N. A. Goncharova // IEEE Transactions on Plasma Science, Special Issue on Plasma-Assisted Technologies. — 2014. — Vol. 42. — Issue 12. — Pp. 3896–3900.
- [16] **Tah J. H.** Information Modeling for A Construction Project [Text] / J. H. Tah, V. Carr // Management System Engineering, Construction and Architecture Management. — 2000. — № 7 (2). — Pp. 107–119.
- [17] **Tah J. H.** Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain [Text] / J. H. Tah, V. Carr // Advances in Engineering Software. — 2001. — № 32. — Pp. 835–846.
- [18] **Thuyet N. V.** Risk management in oil and gas construction projects in Vietnam [Text] / N. V. Thuyet, S. O. Ogunlana, P. K. Dey // International Journal of Energy Sector Management. — 2007. — № 1 (2). — Pp. 175–194.

© К. С. Бурунсуз

Надійшла до редколегії 02.06.17

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК  
д-р техн. наук, проф. Ю. М. Харитонов