

УДК 629.4

## ОЦІНКИ РИЗИКІВ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Горбунов М.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С.

### ESTIMATES OF THE INVESTMENT PROJECT RISKS FOR THE IMPLEMENTATION OF NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR RAILWAY TRANSPORT

Gorbunov M., Prosvirova O., Nozhenko V.

*У статті запропоновано необхідний інструментарій підтримки прийняття рішень, що включає оцінку рівня ризиків та економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що дозволяє підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення для підвищення ефективності прийняття рішень про впровадження інноваційних проектів на залізничному транспорті. Проведена оцінка техніко-економічної ефективності інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного засобу керуванням охолодженням фрикційних поверхонь адаптивною подачею повітря.*

**Ключові слова:** інноваційні технічні рішення, оцінка ризиків, метод Монте-Карло, залізничний транспорт, економічна ефективність.

**Вступ.** Інвестиції – основний метод розширеного відтворення основного капіталу. Одним з перспективних методів інвестицій в передових країнах світу є інноваційні інвестиції. Вивчення стану інноваційної діяльності залізничної промисловості України свідчить про те, що її рівень залишається низьким, а саме, частка підприємств, які здійснювали інновації, становить близько 11% – 12%. За даними Державного комітету статистики України основною причиною, яка стримує інноваційну діяльність в промисловості, була і залишається проблема ризику впровадження нових технічних рішень.

**Постановка проблеми.** Для підвищення ефективності прийняття рішень про впровадження інноваційних проектів на машинобудівному підприємстві, необхідний інструментарій підтримки прийняття рішень, що включає оцінку рівня ризиків та економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що дозволяє підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивчення зарубіжного досвіду показало, що інвестиції в інноваційну діяльність підприємств є в середньому

високоокупні (вигідними, виправданими), незважаючи на значний ризик здійснення таких інвестицій і тривалий період їх окупності. Причому інвестиції в наукові розробки приносять ефект не тільки окремому підприємству, що їх здійснює, але і суспільству в цілому [1].

Оцінюючи ефективність інвестицій в інноваційну діяльність підприємств, існує ризик, що при виборі окремих інновацій для таких досліджень необхідно розглядати ті, які забезпечили високу віддачу на вкладені інвестиції.

Основним критерієм оцінки ризику в залізничному транспорті є безпека руху під час перевезення вантажопасажирських складів. Рівень безпеки прийнято характеризувати ймовірністю реалізації тих чи інших небезпек і загроз, явищ і процесів, що виникають і супроводжуються формуванням негативного впливу на людину і навколишнє середовище, тобто математичним очікуванням найбільш важливих видів збитку [2, 3].

**Мета статті.** Оцінка техніко-економічної ефективності інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного засобу керуванням охолодженням фрикційних поверхонь адаптивною подачею повітря.

**Основний зміст.** Можливі сценарії впровадження інноваційних технічних рішень можуть привести до значних матеріальних втрат, що стало причиною створення і застосування на практиці системних підходів, методів та інструментів для оцінки ризику їх впровадження.

Процес оцінки ризику включає в себе:

- опис системи, ідентифікація небезпек і розробка можливих сценаріїв нещасних випадків і наслідків тих чи інших подій, пов'язаних з перевізним процесом;

- оцінку впливу або наслідків впливу подібних подій на людей, матеріальні цінності та на навколишнє середовище;

- обчислення ймовірності подібного несприятливого результату на практиці і його наслідків, в залежності від різних експлуатаційних та організаційних заходів забезпечення безпеки;

- кількісний опис рівнів ризику за межами об'єкта з точки зору наслідків і ймовірності;

- оцінку рівнів ризику шляхом їх порівняння з певними кількісними критеріями.

Одним із методів, який дозволяє кількісно оцінити ризики впровадження, а саме – моделювати випадкові величини з метою обчислення характеристик їх розподілів, є метод Монте-Карло [4, 5, 6]. Моделювання за методом Монте-Карло дозволяє побудувати математичну модель для процесу з невизначеними значеннями параметрів, знаючи ймовірнісні розподіли параметрів процесу, а також зв'язок між змінами параметрів (кореляцію), отримати розподіл прибутковості проекту.

У загальному випадку методом Монте-Карло називають чисельний метод рішення математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин.

Схема використання методу Монте-Карло в кількісному аналізі ризиків така: будується математична модель результуючого показника як функції від змінних і параметрів. Змінними вважаються випадкові складові проекту, параметрами – ті складові проекту, значення яких передбачаються детермінованими. Математична модель перераховується при кожному новому імітаційному експерименті, протягом якого значення основних невизначених змінних вибираються випадковим чином на основі генерування випадкових чисел. Результати всіх імітаційних експериментів об'єднуються у вибірку і аналізуються за допомогою статистичних методів з метою отримання розподілу ймовірностей результуючого показника і розрахунку основних вимірників ризику проекту.

Застосування методу Монте-Карло в розрахунках проектів по впровадженню нових технічних рішень вимагає створення спеціального програмного забезпечення.

Розробка комп'ютерного забезпечення потрібна з наступних причин:

- 1) здійснюється багаторазове повторення імітаційних експериментів (більше 100 повторень);

- 2) використовувати моделі складні (велика кількість змінних, облік функцій розподілу, умов кореляції і т.д.);

- 3) обробка результатів імітації значно спрощується;

- 4) полегшується демонстрація методу.

Процес ризик-аналізу за методом Монте-Карло може бути розбитий на три етапи: математична модель, здійснення імітації, аналіз результатів.

1. Перша стадія в процесі аналізу ризику – це створення прогнозу моделі. Така модель визначає математичні відносини між числовими змінними, які відносяться до прогнозу обраного фінансового показника.

Вихідні дані здійснюваного прогнозу отримання економічної вигоди і витрат заносяться в таблицю. Їх максимальні та мінімальні значення вибираються з літературних джерел, в яких досліджено кожне із запропонованих до впровадження технічне рішення [7, 8].

В якості базової моделі для аналізу інвестиційного ризику зазвичай використовується модель розрахунку показника NPV (чистий дисконтований дохід). NPV проекту буде позитивним, а сам проект – ефективний, якщо розрахунки показують, що проект покриває свої внутрішні витрати, а також – приносить власникам капіталу дохід не нижче, ніж вони задали.

2. Друга стадія полягає в імітації прогнозованої моделі. Генерується досить великий обсяг випадкових сценаріїв, кожен з яких відповідає визначеним значенням грошових потоків. Генеровані сценарії збираються разом, і проводиться їх статистична обробка для встановлення частки сценаріїв, які відповідають від'ємному значенню NPV. Ставлення таких сценаріїв до загальної кількості сценаріїв дає оцінку ризику інвестицій.

Розподіл ймовірностей змінних моделей диктує можливість вибору величин з певних діапазонів. Розподіл є математичним інструментом, за допомогою якого надається вага всім можливим результатам. Цим контролюється випадковий вибір значень для кожної змінної в ході моделювання. При аналізі ризиків використовується інформація, що міститься в розподілі ймовірності з множинними значеннями.

Остаточною стадією аналізу ризиків є обробка та інтерпретація результатів, отриманих на стадії прогонів моделі. Кожний прогін представляє ймовірність події, рівну:

$$p = 100 / n,$$

де  $p$  – ймовірність одиничного прогнозу, %;  $n$  – розмір вибірки.

В якості запобіжного ризику в інвестиційному проектуванні доцільно використовувати безпеку модельованого проекту, виражену у відсотках.

Авторами розроблена комп'ютерна програма оцінки ризиків та економічної безпеки впровадження інноваційних проектів, яка визначає безбитковість, ефект та витрати інноваційного проекту по впровадженню нових технічних рішень на залізничному транспорті за відомими границями значень факторів ефекту та витрат, із застосуванням описаного вище метода Монте-Карло, тобто шляхом отримання великого числа реалізацій стохастичного процесу, який формується таким чином, щоб його ймовірнісні характеристики співпадали з аналогічними величинами розв'язуваної задачі.

В першому вікні програми необхідно ввести мінімальні та максимальні значення факторів ефекту та витрат, які враховуються у розрахунках (рис. 1). Також для факторів витрат зазначається ціна.

Исходные данные				
Факторы эффекта				
Фактор	Ед. изм.	Мин.	Макс.	Ср.
Энергосбережение (сырья)	грн.	600	1 500	
Ресурсосбережение	грн.	0	500	
Экономия трудозатрат	грн.	-60	160	
Экологосбережение	грн.	700	1 400	

Факторы затрат				
Фактор	Ед. изм.	Мин.	Макс.	Цена
Интеллектуальные затраты	чел./час	25	40	40
Материальные затраты	грн.	200	500	1
Трудовые затраты	чел./час	8	16	20
Сервисное обслуживание	чел./час	2	10	20

Рис. 1. Вікно вводу вхідних параметрів

В наступному вікні наводяться результати моделювання стохастичного процесу (рис. 2). Використовуваний для імітаційного моделювання закон розподілу ймовірностей – обернений нормальний. В таблицях наведено дані щодо ймовірностей відповідного значення ефекту або витрат, ймовірність беззбитковості проекту.

Эффект			Затраты		
Итого	%		Итого	%	
1200 - 1300	0.0		1400 - 1500	6.0	0.06
1300 - 1400	0.0		1500 - 1600	22.0	0.22
1400 - 1500	10.0	0.1	1600 - 1700	46.0	0.46
1500 - 1600	8.0	0.08	1700 - 1800	94.0	0.94
1600 - 1700	10.0	0.1	1800 - 1900	133.0	1.33
1700 - 1800	41.0	0.41	1900 - 2000	193.0	1.93

Безубыточность		
Итого	%	
Да	79	79
Нет	210	21

Рис. 2. Вікно результатів моделювання

За всіма таблицями будуються стовбчасті діаграми (рис. 3, 4).

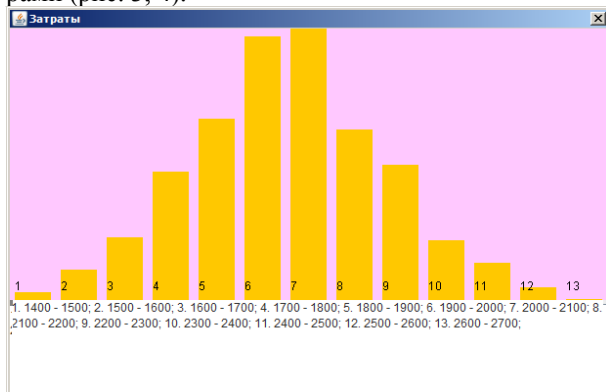


Рис. 3. Діаграма витрат

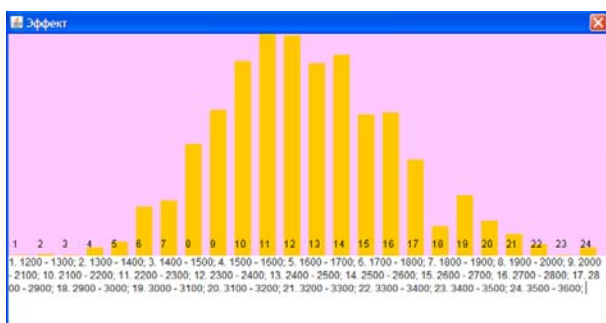


Рис. 4. Діаграма ефекту

Метод імітаційного моделювання Монте-Карло є розвитком сценарного підходу до аналізу ризиків і одночасно може бути віднесений до групи теоретико-ймовірнісних методів аналізу ризику. На основі статистичних даних та експертних оцінок аналітиками підбираються закони розподілу деяких з складових проекту, а на підставі повторюваних імітаційних експериментів із заданим рівнем точності можна підібрати закон розподілу результуючого параметра і обчислити його основні характеристики: математичне сподівання, дисперсію, середнє квадратичне відхилення.

Імітаційне моделювання складається з трьох етапів: побудова математичної моделі, здійснення імітації, аналіз результатів.

На етапі побудови математичної моделі вибираються ризик-змінні (випадкові складові грошових потоків проекту) на основі рейтингу еластичностей та оцінки прогнозованості змінної, за наявними статистичними даними та експертної інформації для кожної ризик-змінної підбирається закон розподілу, враховуються умови ймовірнісної залежності змінних.

Імітація здійснюється з використанням спеціально розробленої комп'ютерної програми [9, 10], яка містить також розрахунки показників ефективності досліджуваного проекту.

Комплексний підхід до оцінки ризику, реалізований при застосуванні методу Монте-Карло, полягає в тому, що аналітик отримує різні показники: розподіл ймовірностей результуючої проектної змінної; оцінки середнього значення, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації результуючого показника; будь-які інші спеціальним чином сконструйовані вимірники ризику (коефіцієнт очікуваних втрат, ймовірність реалізації неефективного проекту).

Важливими вимірниками інтегральної ризикованості проекту є індекс очікуваних втрат і ймовірність реалізації неефективного проекту. На рис. 5 представлені результати оцінки ризику впровадження інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного забору.

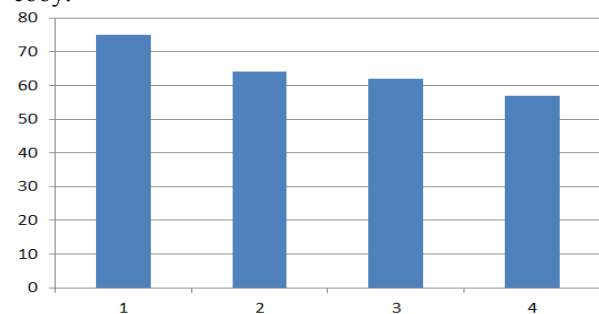


Рис. 5. Оцінка ризику впровадження інноваційних методів: 1 – охолодження гальмового фрикційного контакту подачею стисненого повітря, 2 – використанням вихрового ефекту, 3 – використанням тепловідвідної вставки, 4 – використанням адаптивної системи охолодження

**Висновок.** У статті запропоновано необхідний інструментарій підтримки прийняття рішень, що включає оцінку рівня ризиків та економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що дозволяє підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення для підвищення ефективності прийняття рішень про впровадження інноваційних проєктів на залізничному транспорті. Доведено техніко-економічну ефективність інноваційних методів підвищення ефективності гальмівної системи залізничного транспортного засобу керуванням охолодженням фрикційних поверхонь адаптивною подачею повітря.

#### Література

1. Бузько І.Р., Вартанова О.В., Голубенко Г.О. Стратегічне управління інвестиціями та інноваційна діяльність підприємства. Монографія. – Луганськ, 2002. – 176с.
2. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – 2-е изд. —М.: ООО «ПолиМЕдиа», 2002. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – 2-е изд. —М.: ООО «ПолиМЕдиа», 2002. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогноз будущего. — М.: Едиториал УРСС, 2003.
3. Bickel J.E. The Relationship between Perfect and Imperfect information in a Two-Action Risk-Sensitive Problem. *Decision Analysis*5(3): 116-128(2008)
4. Энергетическое обследование: справочное издание. / Я.М. Щелоков, Н.И. Данилов, Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 243 с.
5. Колтынюк Б.А. Инвестиции. Учебник. - СПб.: Изд-во Михайлова В.А. 2003. - 848 с.Копылова Е.В., Куликова Е.Б. Сервис на транспорте (железнодорожном): Учебное пособие. – М.: МИИТ, 2009 – 216 с.
6. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, 2003
7. Горбунов М.И., Просви́рова О.В., Кравченко К.О., Ковтанець М.В. Перспективні напрями досліджень з удосконалення залізничного гальмівного обладнання / Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: – Северодонецьк. СХУ ім. В. Даля, 2016– № 1 (225) 2016 – С. 44 – 49.
8. Nickolay Gorbunov, Olga Prosvirova, Ekaterina Kravchenko. Analysis of railway vehicle braking and assessment of technical solutions efficiency using risk-based methods for technical systems. // TECA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Poland 2014, Lublin – Lugansk. Vol. 14, No. 1, p. 73 - 85.
9. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 45058 від 06.08.2012. Комп'ютерна програма «Прийняття рішень у задачах залізничного транспорту з використанням методу експертних оцінок» / М.М. Горбунов, М.В. Ковтанець, К.О. Кравченко, О.В. Просвірова.
10. Чмельов В.В., Рамазанов С.К. Просвірова О.В., Ноженко В.С. Горбунов М.М. Комп'ютерна програма «Програма оцінки ризиків та економічної безпеки впровадження інноваційних проєктів» Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54146 від 19.03.2014

#### References

1. Buzko I.R., Vartanova O.V., Golubenko G.O. Strategic management of investment and innovative activity of the enterprise. Monograph. - Lugansk, 2002. - 176s.
2. Elohin AN Risk Analysis and Management: Theory and Practice. - 2nd ed. -M.: Polymedia Ltd., 2002. Elohin A.N. Risk Analysis and Management: Theory and Practice. - 2nd ed. -M.: PolyMEDia Ltd., 2002. Kapitza SP, Kurdyumov SP, Malinetsky G.G. Blue-racket and forecast of the future. - M.: Editorial URSS, 2003.
3. Bickel J.E. The link between perfect and imperfect information in a two-way risk issue. *Decision analysis*5 (3): 116-128 (2008)
4. Energy survey: reference book. / Ya.M. Shchelokov, N.I. Danilov, Yekaterinburg: UFU, 2011. - 243 p.
5. Koltynyk B.A. Investments Textbook - St. Petersburg: Publishing house Mikhailova VA 2003. - 848 s.Kopilova E.V., Kulikova E. B. Service on transport (railway): Textbook. - M.: MIIT, 2009 - 216 pp.
6. Sobol I. M. Numerical methods of Monte Carlo. - M.: Science, 2003
7. Gorbunov MI, Prosvirova O.V., Kravchenko K.O., Kovdancze MV Perspective directions of research on uninstillation of railway brake equipment / *Vysnyk of East-Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl*: - Severodonetsk. SNU them V. Dahl, 2016- № 1 (225) 2016 - P. 44 - 49.
8. Nikolai Gorbunov, Olga Prosvirova, Ekaterina Kravchenko. Analysis of the braking of railway vehicles and assessment of the effectiveness of technical solutions using risk-based methods for technical systems. // TEAC Commission on Motorization and Energy in Agriculture Poland 2014, Lublin - Lugansk. Volume 14, No. 1, p. 73 - 85.
9. Certificate of restoration of copyright for the product number 45058 dated 06.08.2012. Computer program "Acceptance of solutions for the task of transport of vehicles with the use of the expert estimation method" / MM Gorbu-nov, MV Kovtanets, KO Kravchenko, O.V. Prosviri-va.
10. Chmelov V.V., Ramazanov S.K. Prosvirova OV, Noshnko VS Gorbunov MM Computer program "Program of risk assessment and economic safety of implementation of innovative projects" Certificate of restoration of copyright for work No. 54146 dated March 19, 2014

#### **Горбунов Н.И., Просви́рова О.В., Ноженко В.С. Оценки рисков инвестиционного проекта по внедрению новых технических решений на железнодорожном транспорте.**

*В статье предложен необходимый инструментарий поддержки принятия решений, включая оценку уровня рисков и экономической безопасности, осуществляется с помощью экспертных оценок, позволяет повысить вероятность принятия правильного управленческого решения для повышения эффективности принятия решений о внедрении инновационных проектов на железнодорожном транспорте. Проведена оценка технико-экономической эффективности инновационных методов повышения эффективности тормозной системы железнодорожного транспортного средства управлением охлаждением фрикционных поверхностей адаптивной подачей воздуха.*

**Ключевые слова:** инновационные технические решения, оценка рисков, метод Монте-Карло, железнодорожный транспорт, экономическая эффективность.

**Gorbunov M., Prosvirova O., Nozhenko V. Estimates of the investment project risks for the implementation of new technical solutions for railway transport.**

*The article proposes the necessary decision support tool, which includes assessment of the level of risks and economic security, which is carried out with the help of expert assessments, which allows to increase the probability of taking the correct management decision to increase the efficiency of decision making on the implementation of innovative projects in the railway transport. A comprehensive approach to risk assessment, implemented with the Monte Carlo method, is that the analyst receives different indicators: the distribution of probabilities of the resulting project variable; estimation of the average value, the mean square deviation and the coefficient of variation of the resulting indicator; other specially designed risk measurements (expected loss ratio, probability of ineffective project implementation). The estimation of techno economic efficiency of innovative methods of increasing the efficiency of the brake system of a railway vehicle by control-*

*ling the cooling of friction surfaces by adaptive air supply has been carried out.*

**Keywords:** *innovative technical solutions, risk assessment, Monte Carlo method, railway transport, economic efficiency.*

**Горбунов М.І.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

**Просвірова О.В.** – старший викладач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

**Ноженко В.С.** – к.т.н., доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

*Рецензент:* д.т.н., проф. **Марченко Д.М.**

Стаття подана 14.03.2018