

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-82-87>

УДК 629.4.067.4

ОЦІНКА РИЗИКІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ НА ТРАНСПОРТІ

Ноженко В.С., Ковтанець М.В., Сергієнко О.В., Ковтанець Т.М., Вакулік М.М.

ASSESSMENT OF THE RISKS OF INTRODUCING PROMISING TECHNICAL SOLUTIONS IN TRANSPORT

Nozhenko V.S., Kovtanets M.V., Sergienko O.V., Kovtanets T.M., Vakulik M.M.

У статті проаналізовані можливі шляхи інвестицій для розвитку технологій виробництва на прикладі залізничного транспорту і пов'язаний з цим процес прийняття рішень. У роботі використовувався метод оцінки ризику при впровадженні інноваційних технічних рішень для поліпшення фрикційної взаємодії в двоточковому контакті «колесо-рейка» на основі методу Монте-Карло. Результатами імітаційного моделювання є прогнозування найбільш і найменш ризикованих технічних рішень для впровадження на залізничному транспорті, спрямованих на їх зниження.

Ключові слова: прийняття рішень, ризик, інноваційна діяльність, дослідження, управління ризиком, впровадження, залізничний транспорт.

Вступ. Старіння парку Укрзалізниці, технічний стан якого не відповідає сучасним вимогам, закінчення нормативного терміну експлуатації більшості локомотивів, вантажних, пасажирських вагонів та іншого рухомого складу вимагають впровадження інноваційних технологій і технічних рішень.

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% [1]. За даними Державного комітету статистики України основною причиною, яка стримує інноваційну діяльність у промисловості, була і залишається проблема ризику впровадження нових технічних рішень [2].

Для підвищення ефективності прийняття рішень щодо впровадження інноваційних проектів на машинобудівних підприємствах необхідний інструментарій підтримки прийняття рішень, що включає оцінку рівня ризиків і економічної безпеки, яка здійснюється за допомогою експертних оцінок, що до-

зволяє підвищити вірогідність ухвалення правильного управлінського рішення.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивчення зарубіжного досвіду показало, що інвестиції в інноваційну діяльність підприємств у середньому високо окупаються, незважаючи на значний ризик здійснення таких інвестицій і тривалий період їх окупності. Причому інвестиції в наукові розробки приносять ефект не тільки окремому підприємству, яке їх здійснює, але і суспільству в цілому [3]. 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 які супроводжуються формуванням негативних факторів, які впливають на людину і навколишнє середовище, тобто математичним очікуванням найбільш важливих видів шкоди [4].

Можливі сценарії впровадження інноваційних технічних рішень можуть призвести до суттєвих 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;

- оцінка впливу або наслідків впливу подібних подій на людей, матеріальні цінності та 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 з методів, який дозволяє кількісно оцінити ризики впровадження, а саме моделювати випадкові величини з метою обчислення характеристик їх розподілів, є метод Монте-Карло. Моделювання за методом Монте-Карло дозволяє побудувати математичну модель для процесу з невизначеними значеннями параметрів, і, знаючи ймовірнісні розподіли параметрів процесу, а також зв'язок між змінними параметрів (кореляцію), отримати розподіл прибутковості проекту [5].

Мета роботи. На основі використання методу Монте-Карло провести математичне моделювання з метою визначення ризиків впровадження інноваційних технічних рішень для поліпшення фрикційної взаємодії в двоточковому контакті «колесо-рейка».

Виклад основного матеріалу дослідження. Різні типи проектів мають різну вразливість з боку ризиків, що з'ясується при моделюванні. Імітаційне моделювання методом Монте-Карло має кілька стадій.

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 таблиці представлені нижче (таблиця). Їх максимальні і мінімальні значення вибираються з літературних джерел, в яких досліджено кожне із запропонованих до впровадження технічне рішення [6, 7].

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

Друга стадія полягає в імітації прогнозу 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 негативному значенню NPV. Відношення таких сценаріїв до загальної кількості сценаріїв дає оцінку ризику інвестицій.

Таблиця

Вихідні дані для прогнозу одержуваної економічної вигоди і витрат при впровадженні інноваційних рішень

| Фактори економічного ефекту | | | Фактори витрат при впровадженні | | |
|-----------------------------|----------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Позначення | Найменування | Од. вимірювання | Позначення | Найменування | Од. вимірювання |
| ES | Енергозбереження | грн. | IC | Інтелектуальні витрати | чол./год. |
| RS | Ресурсозбереження | грн. | MC | Матеріальні витрати | грн. |
| LS | Економія трудовитрат | грн. | LC | Трудові витрати | чол./год. |
| EC | Екологізбереження | грн. | SC | Сервісне обслуговування | чол./год. |

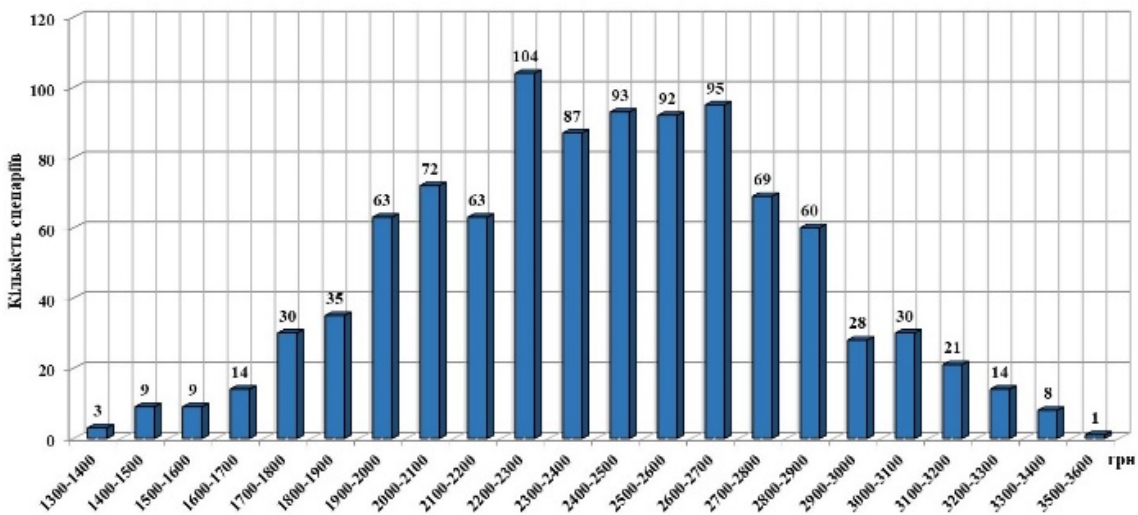


Рис. 1. Приклад розрахунку ефективності проекту

Розподіли ймовірностей змінних моделей диктують можливість вибору величин з певних діапазонів. Розподіли представляють собою математичні інструменти, за допомогою яких надається вага всіх можливих результатів. Цим контролюється випадковий вибір значень для кожної змінної в ході моделювання. При аналізі ризиків використовується інформація, що міститься в розподілі ймовірності з множинними значеннями.

В ході моделювання значення змінних вибираються випадково в межах заданих діапазонів, відповідно до розподілів ймовірностей і умовами кореляцій. Для кожного набору таких змінних обчислюється значення показника ефективності проекту, приклад розрахунку ефективності проекту представлений на рис. 1. Всі отримані значення зберігаються для подальшої статистичної обробки.

Для практичного здійснення оцінки ризику впровадження нових технічних рішень на транспорті за методом Монте-Карло моделювання проводиться в пакеті програм Microsoft Excel. Генерування випадкових чисел цей пакет здійснює на основі використання датчика псевдовипадкових чисел, які розраховуються за певним алгоритмом. Особливістю пакету є те, що він вміє генерувати корельовані випадкові числа.

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

$$p = 100 / n, \quad (1)$$

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

В якості міри ризику в інвестиційному проектуванні доцільно використовувати безпеку модельованого проекту, виражену у відсотках (рис. 2).

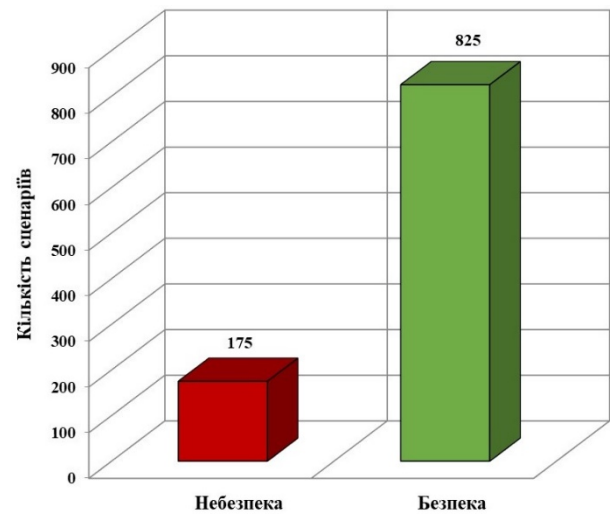


Рис. 2. Приклад моделювання безпеки інвестиційного проекту

Для наочного прикладу розглянемо перспективні технології, а саме методи оптимізації фрикційної взаємодії колеса з рейкою, що є основою безпеки руху рухомого складу. Вони застосовні на залізничному транспорті та теоретично є економічно вигідними, однак на практиці рішення цих питань пов'язано з певним ступенем ризику, який на даний момент важко спрогнозувати і врахувати. Ґрунтуватися будемо на методах оптимізації фрикційної взаємодії коліс з рейками, представлених на рис. 3 [8, 9, 10].

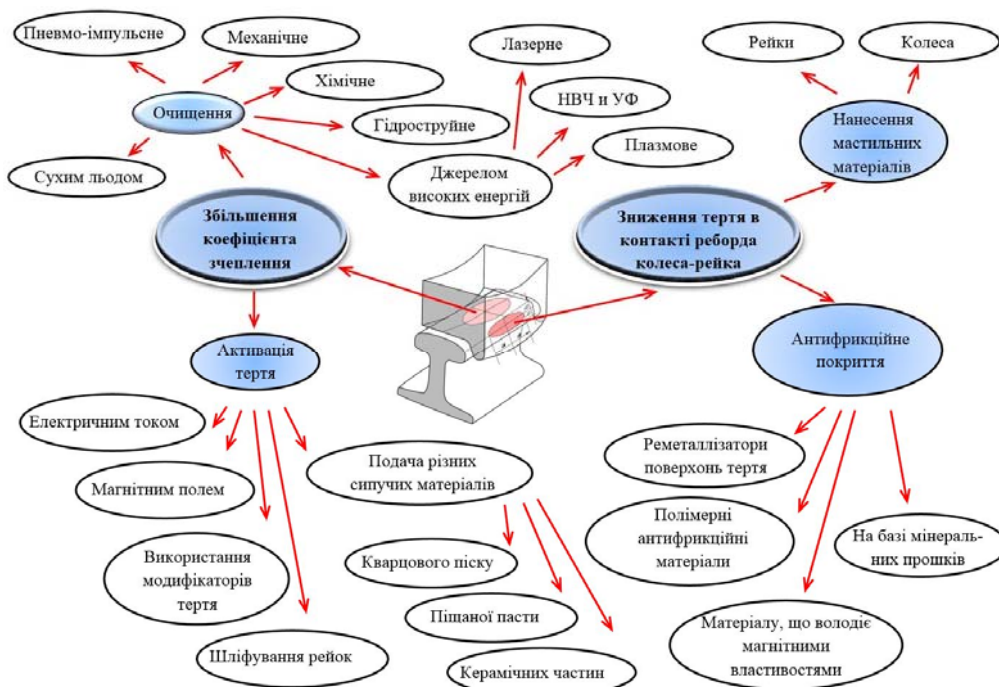


Рис. 3. Методи оптимізації фрикційного взаємодії коліс з рейками

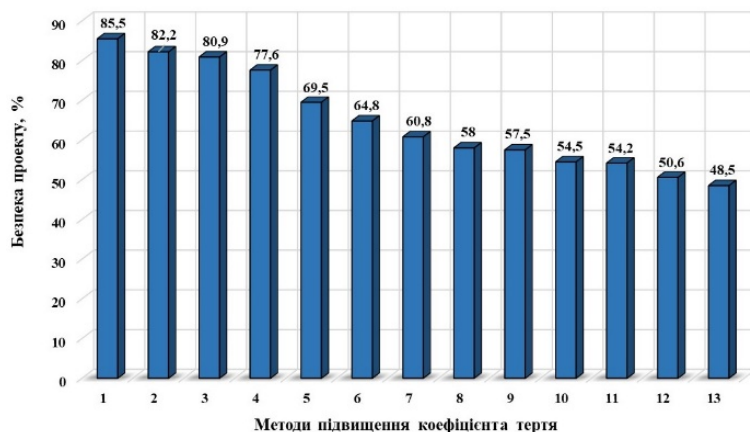


Рис. 4. Оцінка ризику впровадження інноваційних методів збільшення коефіцієнта зчеплення:
 1 - активація електричним струмом, 2 - пневмо-імпульсне очищення, 3 - пневмоструйне очищення, 4 - шліфування рейок, 5 - очищення сухим льодом, 6 - лазерне очищення, 7 - використання модифікаторів тертя, 8 - плазмове очищення, 9 - очищення НВЧ і УФ, 10 - подача керамічних частинок, 11 - хімічне очищення, 12 - очищення магнітним полем, 13 - механічне очищення

Виконана оцінка ризику впровадження представлених вище інноваційних технічних рішень, результати якої представлені на рисунках 4 і 5.

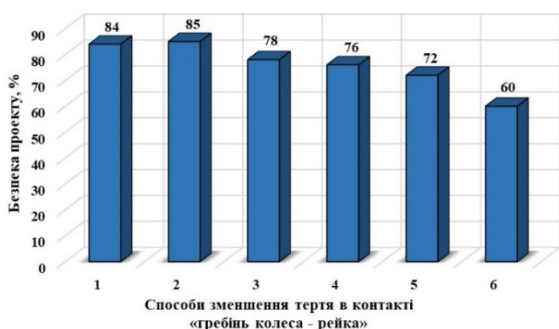


Рис. 5. Оцінка ризику впровадження інноваційних методів зниження тертя в контактї «гребінь колеса - рейка»:
 1 - нанесення мастильних матеріалів на гребені колісних пар, 2 - нанесення мастильних матеріалів на рейки, 3 - нанесення мастильних матеріалів, які володіють магнітними властивостями, 4 - нанесення полімерних антифрикційних матеріалів, 5 - нанесення порошоків на базі мінералів, 6 - нанесення реметалізаторів на поверхню тертя

За результатами імітаційного моделювання, методом «Монте-Карло» було створено комп'ютерну програму «Програма оцінки ризиків та економічної безпеки впровадження інноваційних проектів», отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 54857 [11].

Програма оцінки ризиків та економічної безпеки впровадження інноваційних проектів визначає безбитковість, ефект та витрати інноваційного проекту за відомими границями значень факторів ефекту та витрат, із застосуванням метода Монте-Карло, тобто шляхом отримання великого числа реалізацій стохастичного процесу, який формується таким чином, щоб його імовірнісні характеристики співпадали з аналогічними величинами розв'язуваної задачі.

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 |

OK Очистить

а

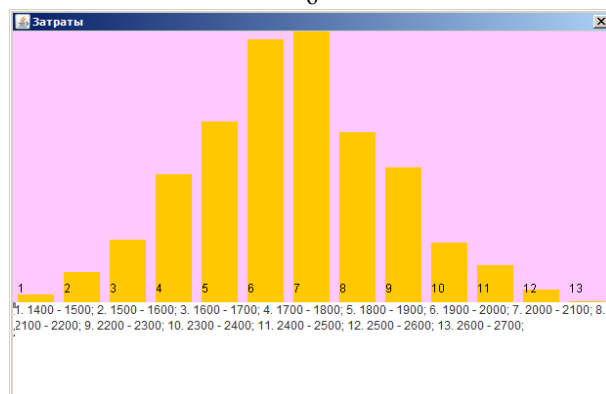
Результаты моделирования

| Эффект | Итого | % | Затраты | Итого | % |
|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
| 1200 - 1300 | 0.0 | 0.0 | 1400 - 1500 | 6.0 | 0.06 |
| 1300 - 1400 | 0.0 | 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 | 790 | 79 |
| Нет | 210 | 21 |

Построить диаграммы

б



в

Рис. 6. Вікна комп'ютерної програми авторського права на твір № 54857:
 а – вікно вводу вхідних параметрів, б – вікно результатів моделювання, в – діаграма витрат

У першому вікні програми необхідно ввести мінімальні та максимальні значення факторів ефекту та витрат, які враховуються у розрахунках (рис. 6, а). Також для факторів витрат зазначається ціна.

В наступному вікні наводяться результати моделювання стохастичного процесу (рис. 6, б). В таблицях наведено дані щодо ймовірностей відповідного значення ефекту або витрат, ймовірність беззбитковості проекту. За всіма таблицями будуються стовбчасті діаграми (рис. 6, в).

Висновки. Застосування запропонованої процедури процесу прийняття рішень дозволить підвищити рівень економічної безпеки при впровадженні інноваційних технічних рішень на залізничному транспорті, спрямованих на зниження реальних загроз і ризиків економічної безпеки підприємства, оптимальний розподіл ресурсів для інноваційного розвитку залізничного виробництва.

У роботі використовався метод оцінки ризику при впровадженні інноваційних технічних рішень для поліпшення фрикційної взаємодії в двоточковому контакті «колесо-рейка» на основі методу Монте-Карло, при цьому результати моделювання збігаються з прийняттям рішень по вибору найбільш перспективних способів поліпшення умов контактування в трибосполученні «колесо-рейка» методом експертного оцінювання [8, 12]. В результаті проведеного імітаційного моделювання виявлено найменш ризиковані технічні рішення, для впровадження на залізничному транспорті, спрямованих на їх зниження.

Література

1. Инновации в промышленности. Справочник экономиста. К.: 2004. – №2. – 94 с.
2. Христиановский В.В. Экономический риск и методы его измерения / В.В. Христиановский, В.П. Щербина // Донецк ДонНУ, 2000. – 197 с.
3. Бузько І.Р. Стратегічне управління інвестиціями та інноваційна діяльність підприємства / І.Р. Бузько, О.В. Вартанова, Г.О. Голубенко // Монографія. – Луганськ, 2002. – 176 с.
4. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – 2-е изд. – М.: ПолиМЕдиа, 2002. – 192 с.
5. Ноженко В.С. Поліпшення триботехнічних характеристик двоточкового контакту «колесо-рейка» активацією поверхонь: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / В.С. Ноженко, Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. – Северодонецьк, 2016. – 152 с.
6. Щелоков Я.М. Энергетическое обследование: справочное издание. / Я.М. Щелоков, Н.И. Данилов, Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 243 с.
7. Колтынюк Б.А. Инвестиции. Учебник. – СПб.: Изд-во «Михайлова В.А.», 2003. – 850 с.
8. Ковтанец М.В. Применение экспертного оценивания для принятия технического решения [Электронный ресурс] / М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, Н.Н. Горбунов, Г.А. Бойко, О.В. Просвирина // Наукові вісті Дніпровського університету: зб. наук. праць. – 2012. – № 7. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/Tehno/12kmvptr.pdf. – Назва з екрану.
9. Gorbunov M. Reducing the wheel-rail system wear intensity with thermomechanical impact / M. Gorbunov, M. Kovtanets, G. Bureika, T. Kovtanets // Proceedings of the 23rd International Scientific Conference. Transport Means 2019, 02-04 October, Palanga, Lithuania. 2019. – P. 1260-1265.
10. Gorbunov M. Experimental study of the limit-maximum adhesion coefficient / M. Gorbunov, M. Kovtanets, T. Kovtanets / Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020, September 30 - October 02, Kaunas, Lithuania. 2020. – P. 382-386.
11. Gorbunov M. Innovative risks of introducing advanced technical solutions in transport / M. Gorbunov, V. Nozhenko, M. Kovtanets, O. Porkuyan / Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020, September 30 - October 02, Kaunas, Lithuania. 2020. – P. 97-101.
12. Gorbunov M. Research to improve traction and dynamic quality of locomotives / M. Gorbunov, V. Pistek, M. Kovtanets, O. Nozhenko, S. Kara, P. Kučera // JVE International LTD. Vibroengineering Procedia. – 2017. – Vol. 13, ISSN 2345-0533. – P. 159-164.

References

1. Industry innovation. Economist's Handbook. K.: 2004. – №2. – 94 p.
2. Khristianovsky V.V. Economic risk and methods of its measurement / V.V. Khristianovsky, V.P. Shcherbina // Donetsk National University, 2000. – 197 p.
3. Buzko I.R. Strategic management of investments and innovative activity of the enterprise / I.R. Buzko, O.V. Vartanova, G.A. Golubenko // Monograph. – Lugansk, 2002. – 176 p.
4. Elokhin A.N. Risk Analysis and Management: Theory and Practice. – 2nd ed. – M.: PolyMedia, 2002. – 192 p.
5. Nozhenko V.S. Improving the tribotechnical characteristics of the two-point contact «wheel-rail» by activating surfaces: dis. ... cand. tech. science: 05.22.07 / V.S. Nozhenko, East Ukrainian. nat. univ. V. Dahl. – Severodonetsk, 2016. – 152 p.
6. Shchelokov Ya.M. Energy survey: reference publication / Ya.M. Shchelokov, N.I. Danilov, Yekaterinburg: UrFU, 2011. – 243 p.
7. Koltyniuk B.A. Investments. Textbook. – SPb.: Publishing house «Mikhailova V.A.», 2003. – 850 p.
8. M.V. Kovtanets The use of expert evaluation for making a technical decision [Electronic resource] / M.V. Kovtanets, E.A. Kravchenko, N.N. Gorbunov, G.A. Boyko, O. Prosvirova // Science of the Daliv University: zb. sciences. good. – 2012. – No. 7. – Access mode: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/Tehno/12kmvptr.pdf. - Name the screen.
9. Gorbunov M. Reducing the wheel-rail system wear intensity with thermomechanical impact / M. Gorbunov, M. Kovtanets, G. Bureika, T. Kovtanets // Proceedings of the 23rd International Scientific Conference. Transport Means 2019, 02-04 October, Palanga, Lithuania. 2019. – P. 1260-1265.
10. Gorbunov M. Experimental study of the limit-maximum adhesion coefficient / M. Gorbunov, M. Kovtanets, T. Kovtanets / Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020, September 30 - October 02, Kaunas, Lithuania. 2020. – P. 382-386.
11. Gorbunov M. Innovative risks of introducing advanced technical solutions in transport / M. Gorbunov, V. Nozhenko, M. Kovtanets, O. Porkuyan / Proceedings of

24th International Scientific Conference. Transport Means 2020, September 30 - October 02, Kaunas, Lithuania. 2020. – P. 97-101.

12. Gorbunov M. Research to improve traction and dynamic quality of locomotives / M. Gorbunov, V. Pistek, M. Kovtanets, O. Nozhenko, S. Kara, P. Kučera // JVE International LTD. Vibroengineering Procedia. – 2017. – Vol. 13, ISSN 2345-0533. – P. 159-164.

Nozhenko V.S., Kovtanets M.V., Sergienko O.V., Kovtanets T.M., Vakulik M.M. Assessment of the risks of introducing promising technical solutions in transport.

The article analyzes possible ways of investment for the development of production technologies on the example of railway transport and the related decision-making process. One of the methods that allows you to quantify the risks of implementation, namely to model random variables to calculate the characteristics of their distributions, is the Monte-Carlo method. Monte-Carlo modeling allows you to build a mathematical model for a process with indeterminate parameter values, and, knowing the probabilistic distributions of process parameters, as well as the relationship between parameter changes (correlation), to obtain a distribution of project profitability. Monte-Carlo simulation has several stages. The first stage in the process of risk analysis is the creation of a forecast model. This model determines the mathematical relationships between numerical variables that relate to the forecast of the selected financial indicator. The second stage is to simulate the forecast model. A fairly large amount of random scenarios is generated, each of which corresponds to a certain value of cash flows. The generated scenarios are collected together and statistically processed to determine the proportion of scenarios that correspond to a negative NPV value. The ratio of such scenarios to the total number of scenarios provides an assessment of investment risk. For an illustrative example, consider promising technologies, namely methods for optimizing the frictional interaction of the wheel with the rail, which

is the basis for the safety of rolling stock. They are applicable to rail transport and are theoretically cost-effective, but in practice the solution of these issues is associated with a certain degree of risk, which is currently difficult to predict and take into account, so we will be based on methods of optimizing frictional interaction of wheels with rails. Based on the results of simulation, the Monte Carlo method was used to create a computer program "Program for assessing risks and economic security of the implementation of innovative projects", a certificate of registration of copyright for the work was received. The results of simulation are the forecasting of the most and least risky technical solutions for implementation in railway transport, aimed at reducing them.

Keywords: decision making, risk, innovation, research, risk management, implementation, rail transport.

Ноженко Володимир Сергійович – к.т.н., проректор з науково-педагогічної роботи та комунікацій СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Ковтанець Максим Володимирович – к.т.н., доц. кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Сергієнко Оксана Вікторівна – к.т.н., доц. кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Ковтанець Тетяна Миколаївна – аспірант кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Вакулік Марина Михайлівна – аспірант кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Стаття подана 04.05.2021.