

УДК 629.4.083.:629.463

*Д. І. Волошин, к.т.н., доцент
(доцент кафедри «Вагони», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)*

*І. М. Афанасенко
(старший викладач кафедри «Вагони», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)*

ОЦІНКА РИЗИКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ З РЕМОНТУ ВАГОНІВ

Стаття присвячена питанням оцінки ризику в умовах підприємств з ремонту вагонів. Зважаючи на те, що сучасні виробництва є складними, з погляду забезпечення надійності системами, необхідною умовою їх функціонування є аналіз ризиків виникнення небажаних подій.

Створення системи управління ризиками на основі прогресивних математичних методів і інженерних підходів дозволить значно знизити втрати у виробничій системі і забезпечити заданий рівень надійності виробничих процесів.

Ключові слова: виробнича система, надійність, ризик, управління

Статья посвящена вопросам оценки риска в условиях предприятий по ремонту вагонов. Учитывая, что современные производства являются сложными, с точки зрения обеспечения надежности системами, необходимым условием их функционирования является анализ рисков возникновения нежелательных событий.

Создание системы управления рисками на основе прогрессивных математических методов и инженерных подходов позволит значительно снизить потери в производственной системе и обеспечить заданный уровень надежности производственных процессов.

Ключевые слова: производственная система, надежность, риск, управление.

Постановка проблеми. Сучасні підприємства з ремонту вагонів – це складні адаптивні системи [1-4] зі зворотним зв'язком, які мають велику кількість різноманітних за змістом функцій і експлуатуються в стохастичних умовах. Для класу подібних систем характерна багатовекторність, багатокритеріальність, невизначеність вихідних даних, живучість і відновлюваність [5].

Зазначені властивості визначають виробництво, як систему з великою кількістю станів, що прямо впливає на вибір методів аналізу її надійності. Особливістю функціонування технологічних систем [2] є як велика кількість вихідних даних для запуску процесу (трудові ресурси, технологічні ресурси, матеріальні ресурси), так і велика кількість наслідків відмов у системі (невиконання ремонту в зазначений термін, невиконання обсягів виробництва, матеріальні втрати).

Це приводить до необхідності оцінювання не тільки можливості відмов виробничої системи, але і визначення ступеня ризику різних небажаних подій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки проблемам підвищення надійності виробничих систем та оцінювання в них ризику були присвячені роботи

© *Волошин Д. І., Афанасенко І. М., 2016*

В. В. Бугаєва, В. І. Грідюшко, В. І. Денисенко, А. П. Дьяченко, Н. З. Криворучко, М. М. Болотина, Г. Л. Бродецького, Р. Брауна, Дж. Букана, Є. В. Булінської, Є. П. Дудкіна, С. Н. Корнілова, С. В. Пільоркіна, В. Л. Лапіна, В. І. Томакова, Дж. Хедлі, Л. Ф. Хазеева, Х. Кумамото, А. Г. Федорця, М. А. Ястребенецького і багатьох інших.

Постановка завдання. Розглянути основні принципи аналізу та визначення ризику виникнення відмов у виробничих системах з ремонту вагонів.

Викладення основного матеріалу статті. Велика варіабельність сполучення різнорідних ресурсів у часі та просторі при ремонті вагонів створює невизначений масив наслідків відмов [1, 3] у системі – невиконання норми простою ремонту вагонів, невиконання обсягів виробництва, збільшення трудомісткості операцій, низьку якість ремонту, фінансові втрати і т.п., які прямо впливають на загальну надійність виробничої системи.

Застосування для аналізу надійності виробництва термінології технічних систем досить ускладнене. Це пов'язано з тим, що для більшості виробничих систем їх граничні стани не визначені, а системи безупинно адаптуються до нових умов.

З точки зору класичного виробничого завдання, необхідним є забезпечення визначеного нормативного рівня надійності виробничої системи, що визначається заданим співвідношенням якості одержання запрограмованого результату і кількості необхідних витрат. Тобто надійною виробничою системою є така, у якій при заданій надійності елементів, якості виконання функцій і прогресивній формі організації і обслуговування процесів забезпечується досягнення поставленої мети, тобто безумовне виконання планового завдання.

Але відсутність механізмів аналізу наслідків тих чи інших подій в системі приводить до необхідності оцінювання не тільки можливостей відмови системи, але і визначення ступеня ризику. При цьому під ризиком у виробничій системі розуміють сполучення імовірності і наслідків настання несприятливої події в межах усїєї системи [6].

Основною причиною актуальності створення системи з оцінки та управління ризиками є відсутність аналогічних механізмів на вагоноремонтних підприємствах. Ефективне управління дозволить вчасно визначати можливі ризики, імовірність їх настання та можливий термін, а також прогнозувати рівень очікуваних матеріальних витрат при настанні кризової ситуації.

Сьогодні існує достатньо велика кількість методик з оцінювання ризиків при аналізі складних систем. Наприклад, методика оцінки ризиків Value-at-Risk, методика оцінки ризиків Stress Testing, методика на основі побудови дерев рішень, метод сценарного аналізу, метод аналізу чутливості, методика парного порівняння об'єкта, імітаційне моделювання за методом Монте-Карло, метод історичного моделювання та інші. Але, як свідчить аналіз цих методик, вони мають дуже вузьку сферу застосування. Як правило, вони використовуються для аналізу ризиків інвестиційних та організаційних проектів, не враховуючи особливості функціонування систем у специфічних середовищах.

Відсутність досліджень ступеня впливу різних негативних факторів на виробничий процес потребує розробки методики оцінювання виробничих ризиків та створення системи управління ризиками в умовах вагоноремонтних підприємств (ВРП) [7].

Загальний алгоритм оцінювання виробничих ризиків в системі ВРП може виглядати таким чином:

- визначення основних видів виробничого ризику;
- визначення факторів, що створюють передумови для появи ризику;
- визначення коефіцієнтів, що характеризують динамічні властивості ризику у часі;
- визначення загального виробничого ризику в системі.

До основних видів ризику в технологічній системі належить досить велика кількість подій, але з точки зору забезпечення надійності виробництва найбільшу увагу являють «невиконання запланованого обсягу ремонту вагонів» та «невиконання норми простою вагонів у ремонті». До факторів, що створюють передумови для появи ризику належать – нестача трудових ресурсів, низька ефективність кадрів, низька ефективність технологічних ресурсів, низька надійність технологічного обладнання, низька ефективність системи матеріально-технічного забезпечення, техногенні аварії у виробничих підрозділах, порушення функціонування системи «оператор-виробництво», шкідливість виробництва та ін (табл. 1).

Таблиця 1. Приклад показників оцінювання ризиків на ВРП

Найменування показника	Позначення	Аналітичний або емпіричний алгоритм отримання
1. Безпеченість трудовими ресурсами	$Z_{тр}$	$K_{зтр} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N_{із}} \right)}{n} \cdot 100$
2. Ефективність трудових ресурсів	$E_{тр}$	Експертне оцінювання
3. Ефективність технологічних ресурсів	$E_{трх}$	$E_{трх} = \left(\frac{V_{вип} - V_{брак}}{V_з} \right) \cdot 100$
4. Надійність технологічного обладнання	$H_{то}$	Статистичні методи, експертне оцінювання
5. Ефективність системи матеріально-технічного постачання	$E_{мпт}$	Статистичні методи, експертне оцінювання
6. Рівень якості охорони праці	$P_{оп}$	$P_{оп} = \frac{C_n}{T_k} \cdot 100$
7. Рівень шкідливості виробництва	$P_{шв}$	$P_{шв} = \left(\frac{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i}{Ч \cdot t} \right) \cdot 100$
8. Ризик техногенної аварії	$R_{та}$	$R_{та} = \frac{(m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2 + \dots + m_n \cdot z_n)}{(m_{1a} \cdot z_1 + m_{2a} \cdot z_1 + \dots + m_{na} \cdot z_n)} \cdot 100$

де N_i – кількість працівників у i -му підрозділі, робітників;
 $N_{із}$ – заплановане число працівників в i -му підрозділі, робітників;
 n – кількість підрозділів підприємства;
 $V_{вип}$ – виконаний обсяг ремонту;
 $V_{брак}$ – обсяг браку;
 $V_з$ – запланований обсяг випуску виробів з урахуванням виробничої потужності;
 $Ч$ – фактична чисельність персоналу підприємства, робітників;
 t – кількість робочих днів за рік, год,
 n – кількість робітників на лікарняному, в результаті дії шкідливих факторів;
 t_i – кількість днів, проведених окремим робітником на лікарняному;
 m_n – власні значення показників техногенної аварії;
 m_{na} – значення показників на момент техногенної аварії;
 z_n – значимість показників.

Для формалізації причинно-наслідкових зв'язків, що обумовлюють виникнення різного виду відмов у виробничій системі можливим є використання процедурних механізмів АВПКО – «Аналізу видів, наслідків і критичності відмов» [8].

Як правило, АВПКО проводять силами спеціальної робочої групи зі штату організаційної структури управління підприємства.

Джерелом вихідних даних для проведення АВПКО на виробництві служить наявна документація на виробничі процеси, до складу якої входять:

- технологічні процеси ремонту вагонів та вузлів;
- вимоги нормативно-технічної документації;
- дані про надійність комплектуючих виробів;
- дані про вплив відмов виробничої системи на навколишнє середовище та ін.

Для дотримання єдиного стилю опису відмов і їхніх наслідків в системі необхідно вибрати або розробити довідники-класифікатори, що містять стандартні формулювання для опису:

- найменувань видів відмов;
- проявів відмов;
- первинних причин відмов;
- методів виявлення відмов;
- конструктивних заходів, що компенсують шкідливий вплив;
- коригувальних дій персоналу і т.д.

На наступному етапі проводиться розробка класифікації значення відмов, яка призначена для якісної оцінки потенційних наслідків виду відмов окремих елементів системи (табл. 2).

Таблиця 2. Приклад класифікації відмов виробничої системи ВРП

Категорія	Назва відмови	Примітка
I	Катастрофічна	Відмова, що може викликати невиконання запланованого обсягу робіт або невиконання точно в термін
II	Критична	Відмова, що може викликати значний матеріальний збиток або серйозний брак виробу, що приведе до зриву виконання поставленої задачі
III	Гранична	Відмова, що може викликати незначний матеріальний збиток або незначний брак виробу, що приведе до порушення норм часу або до зниження ефективності ремонту
IV	Незначна	Відмова, яка не завдає матеріального збитку, але призводить до необхідності позапланового обслуговування або ремонту

АВПКО регламентує поняття «критичного елемента (критичного технологічного процесу)», що використовується в методології оцінки і аналізу виробничого ризику. У перелік критичних елементів включають:

- елементи, можлива вага наслідків відмов яких, оцінювана якісно або кількісно, перевершує рівень, припустимий для виробничої системи;
- елементи, відмова яких неминуче викликає повну відмову виробництва;
- елементи з обмеженим ресурсом, що не забезпечують необхідну надійність системи;

– елементи, по яких у момент проведення аналізу відсутні перевірені дані про їхню якість і надійність у розглянутих умовах застосування і можливих наслідках їх відмови.

Таким чином, процедура АВПКО передбачає ранжирування кожного виду відмови з обліком двох складових критичності – частоти (інтенсивності, імовірності) і ваги наслідків.

Якісна оцінка показника критичності окремої відмови елемента виробничої системи може бути визначена, як:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (1)$$

де K_n – бальні оцінки показника критичності відмови елементів.

Для отримання вихідних даних розрахунків можна використовувати експертне оцінювання та інструменти математичної статистики.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Рівень надійності сучасних виробничих систем з ремонту вагонів не задовольняє існуючим вимогам. Маючи на увазі особливості функціонування складних систем в умовах невизначеності, за необхідне вважається розробка системи управління ризиками на основі процедурних механізмів методу АВПКО. Створення і використання системи оцінювання дозволить проводити постійний моніторинг можливих небажаних подій у системі та звести до мінімуму матеріальні витрати внаслідок їхнього виникнення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фомін О.В. Теоретичні основи програмного комплексу визначення та використання математичних моделей складових вантажних вагонів / О.В. Фомін // Науковий журнал «Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського». – Кременчук: КДПУ, 2013. – Вип. 6(83). – С. 87-91.
2. Фомін О.В. Концепція ідеальних кузовів напіввагонів / О.В. Фомін // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2013. – № 4(193). – С. 267–271.
3. Фомін, О.В. Впровадження круглих труб в несучі системи напіввагонів з забезпеченням раціональних показників міцності [Текст] / О.В. Фомін // Науковий журнал «Технологический аудит и резервы производства». – Харків, 2015. – № 4/1(24) – С. 83-89.
4. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building [Text] / A. V. Fomin // East European journal of advanced technologies. – Kharkiv. – № 3/7(57), 2012. – 32-35 p. – access Mode: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
5. Кульба, В.В. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем / В. В. Кульба, Д. А. Кононов, С.А. Косяченко, А.Н. Шубин. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 400 с.
6. Э. Дж., Хенли. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
7. Денисенко, В.И. Оценка производственного риска на машиностроительных предприятиях / В. И. Денисенко, А. П. Дьяченко // Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5. – С. 22–38.
8. ГОСТ 27310–95. Анализ видов, последствий и критичности отказов. – Введ. 1995–04–26. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 19 с.

*D. I. Voloshin, PhD (Technical Sciences)
(Associate Professor of Cars Chair of Ukrainian State University of Railway Transport)*

*I. M. Afanasenko
(Senior Lecturer of Cars Chair of Ukrainian State University of Railway Transport)*

RISK ASSESSMENT OF PRODUCTION SYSTEMS ON REPAIR OF CARS

The article is devoted to risk assessment in enterprises on repair cars. Modern production is complex, from the point view ensuring the reliability systems. A feature of their operation is how a large amount of initial data to start the process (human resources, technological resources, material resources), and a large number of consequences failures in the system (the failure of the repairs within the specified time, failure of production volumes, material losses).

This leads to the necessity assessing not only the possible failures of the production system but also determine the degree risk of different unwanted events.

To formalize the cause-and-effect relationships that determine the appearance of different kinds of failures in the production system may use procedural mechanisms – ‘Analysis types, consequences and criticality of failures’.

The creation of a risk management system based on advanced mathematical methods and engineering approaches that will significantly reduce losses in the production system and to provide a given level reliability of production processes.

Keywords: production system, reliability, risk, management.

REFERENCES

1. Fomin O.V. Teoretychni osnovy prohramnoho kompleksu vyznachennya ta vykorystannya matematychnykh modeley skladovykh vantazhnykh vahoniv / O.V. Fomin // Naukovyy zhurnal «Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu imeni Mykhayla Ostrohrads'koho». – Kremenchuk: KDPU, 2013. – Vyp. 6(83). – S. 87-91.
2. Fomin, O.V. Koncepcija ideal'nih kuzoviv napivvagoniv [The concept of ideal bodies gondola] [Text] / O.V. Fomin // Journal of East Ukrainian National University named after Vladimir Dal, a scientific journal. – Lugansk: EUNU. Dal, 2013. – № 4 (193). – S. 267-271.
3. Fomin, O. V. Vprovadzhennya of cruglic pipes in NESC systems napowan W zabezpeceny razvaliny pokaznikiv mcnet [Text]/ O. In Fomn // [the journal «Technology audit and production reserves». – Kharkiv, 2015. – № 4/1(24) – S. 83-89.
4. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building [Text]/ A. V. Fomin// East European journal of advanced technologies. – Kharkiv. –№ 3/7(57), 2012. – 32-35 p. – access Mode: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
5. Kulba, V. V. Methods of formation of scenarios of development of socio-economic systems / V. V. kulba, D. A. Kononov, S. A. Kosyachenko, A. N. Shubin. – M.: SINTEG, 2004. – 400 p.
6. E. J., Henley. Reliability of technical systems and risk assessment / E. J. Henley., H. Kumamoto. – M.: Mechanical Engineering, 1984. – 528 S.
7. Denisenko, V. I. Assessment of production risk in machine-building enterprises / V. I. Denisenko, A.P.Dyachenko // Problems of risk analysis. – 2008. – T. 5. – P. 22-38.
8. GOST 27310-95. Analysis of types, consequences and criticality of failures. – J. 1995-04-26. – M.: publishing house of standards, 1996. – 19 S.