

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СОЛОВЙОВА ОЛЕКСАНДРА СЕРГІЇВНА

УДК 656.25

ДИСЕРТАЦІЯ
РОЗРОБЛЕННЯ ПРЕДИКТИВНОГО РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО
УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА
ПРИКЛАДІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Галузь знань: 27 Транспорт

Спеціальність: 275 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Олександра СОЛОВЙОВА

Науковий керівник:
Валерій САМСОНКІН
доктор технічних наук, професор

АНОТАЦІЯ

Соловйова О.С. Розроблення предиктивного ризик-орієнтованого управління безпекою транспортних технологій на прикладі залізничних перевезень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами). – Державний університет інфраструктури та технологій МОН України, Київ, 2025.

Необхідність забезпечення безпеки, в тому числі на транспорті, в усі часи залишається актуально важливою комплексною проблемою та головною соціальною функцією будь-якої транспортної компанії.

Оскільки українські залізниці забезпечують майже 82% вантажних і 36% пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту, можна зробити висновок, що залізничний транспорт є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни.

Останнім часом управління транспортними системами та процесами в Європі здійснюється на основі широкого використання ризик-менеджменту. На поняття ризик-орієнтоване мислення акцентує увагу міжнародний стандарт ISO 9001:2015. Для швидкого та адекватного реагування на реалізацію ризиків слід застосовувати поняття кризи-менеджменту, це стало очевидним під час війни між Україною та РФ. Транспортні події по ознакам подібні кризовим ситуаціям.

Для керування транспортними процесами та компаніями останні роки широко застосовуються статистичні методи. Однак для їх використання важливий всебічний аналіз існуючої статистичної бази для виявлення вузьких місць, на які слід звернути особливу увагу. Варто зазначити, що ефективна профілактика безпеки руху поїздів вимагає великої аналітичної роботи та використання сучасних теоретичних підходів з інформаційною статистичною базою технологічних процесів. Тому існує необхідність та бажання використати предиктивні підходи для побудови сценаріїв

майбутньої поведінки транспортних процесів. Такий перехід на проактивний підхід до управління безпекою орієнтований насамперед на запобіжні заходи, пов'язані з умінням застосовувати ризик-менеджмент та прогнозувати небезпечні місця у технологічних процесах перевезень. Це надасть змогу підвищити рівень безпеки на залізничному транспорті.

Отже, *тема дисертаційної роботи*, яка присвячена розробці предиктивного ризик-орієнтованого управління безпекою транспортних технологій на прикладі залізничних перевезень, *є актуальною*.

Об'єкт дослідження – забезпечення перевізного процесу на залізничному транспорті.

Предмет дослідження – управління безпекою транспортних систем та технологій.

Мета дисертаційного дослідження полягає у розвитку методичних засад управління безпекою транспортних технологій з орієнтацією на залізничні перевезення на основі розробки підходу з елементами прогнозування транспортних подій на основі визначення вузьких місць та ризиків у статистиці порушень регламенту технологічних процесів та діяльності структур залізничного транспорту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- аналіз та огляд існуючих теоретичних та практичних підходів до управління безпекою руху на залізничному транспорті;
- вибір ефективного теоретичного апарату дослідження;
- розробка підходу до управління безпекою транспортних процесів та структур на основі статистики їх поведінки;
- проведення експериментальних досліджень, які підтверджують роботоспроможність розробленого підходу.

За темою дисертації опубліковано 17 наукових праць, у тому числі чотири основні праці (дві статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, та дві статті у наукових фахових виданнях України), 13 праць апробаційного характеру (серед яких одні тези у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Web of Science).

У першому розділі дисертації викладено аналіз та огляд існуючих підходів та методів управління безпекою руху на залізничному та інших видах транспорту. Особливу увагу приділено аналізу існуючих систем управління безпекою руху на залізничному транспорті з врахуванням міжнародного досвіду та дослідженню особливостей застосування статистичного підходу до управління безпекою руху на залізничному транспорті та до оцінки її стану.

Другий розділ присвячений вибору та обґрунтуванню теоретичного апарату дослідження.

В третьому розділі представлено розроблену методика розробки управлінського рішення про управління безпекою руху на основі стану безпеки руху як кінцевого результату діяльності залізничного транспорту як системи.

Заключний четвертий розділ дисертації присвячений практичній реалізації розробленої квазі-прогностичної методики управління станом безпеки руху на залізничному транспорті.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні наукової задачі розвитку підходів до управління безпекою транспортних процесів та систем шляхом використання теорії систем, що самоорганізуються, та ризик-менеджменту.

Вперше:

– розроблено методика управління процесами убезпечення руху поїздів, яка поєднала деякі аспекти методу виявлення прихованої статистичної закономірності та ризик-менеджменту. Це дозволило, на відміну від існуючих підходів, зробити процес убезпечення цілеспрямованим на розв'язання «вузьких місць», які отримані з реальної статистики діяльності конкретного процесу або системи, та відповідно ефективно використовувати обмежений на практиці людський, фінансовий та часовий ресурси;

– використано поняття передумови у причинно-наслідкових зв'язках порушень, яке, на відміну від причини, знаходиться у сфері організації технологічних процесів, носить не випадковий, а детермінований характер. Це дозволило зробити процес профілактики та попередження збоїв/транспортних подій ефективним, заснованим на

ліквідації (зменшенні впливу) недоліків конкретної організації технологічних процесів.

Доопрацьовано або набуло подальшого розвитку:

– принцип управління процесом або системою на основі норми поведінки. Норма розглянута як функціональний оптимум, формалізована її сутність. Це дозволяє керувати технологічним процесом, використовуючи його індивідуальні особливості та реалії взаємодії з конкретним середовищем;

– класифікатор передумов господарства сигналізації та зв'язку залізниці відповідно до змін останнього періоду. Надано приклад та ретельно описано застосування класифікатору в управлінні процесом убезпечення на основі експертних оцінок. Це дало можливість використання передумов на практиці.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає у тому, що на підставі отриманих результатів теоретичних досліджень запропоновано квазі-предиктивну методику управління технологічним процесом, яка основана на реальній статистиці технологічного процесу. Виявлення вузьких місць та ризиків дозволяє керівництву організації зосередитись на найбільш небезпечних напрямках функціонування процесу або організації. Застосування ризик-менеджменту та наявність комп'ютерної бази даних статистики технологічних процесів у структурних підрозділах залізниці робить застосування розробленої методики реальним, постійно діючим процесом керування. Основні положення і рекомендації дисертаційного дослідження використані СП «Служба сигналізації та зв'язку» РФ «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця». Основні результати роботи також впроваджено в навчальний процес ДУІТ при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами).

Ключові слова: залізнична система, управління, безпека руху, транспортний процес, залізниця, інфраструктура, напруження, моделювання реагування на надзвичайні ситуації, транспортна подія, ризик, передумова, прийняття управлінських рішень, людський фактор, роботоспроможність технічних засобів, статистика порушень.

ABSTRACT

Soloviova O.S. Development of a predictive risk-oriented management for transport technologies safety using railway transportation as an example. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 275 Transport Technology (by type). – State University of Infrastructure and Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2025.

The need to ensure safety, including in the context of transportation, remains a relevant and important complex problem that constitutes the primary social responsibility of any transportation company at all times.

Given that Ukrainian railways account for an overwhelming proportion of freight and passenger traffic carried out by all modes of transport - approximately 82% and 36%, respectively - it can be concluded that rail transport is the leading industry in the country's road transport complex.

In recent years, the management of transport systems and processes in Europe has been predicated on the extensive implementation of risk management methodologies. The international standard ISO 9001:2015 underscores the notion of risk-oriented thinking. To expeditiously and adequately respond to the realization of risks, the concept of crisis management should be applied, as evidenced during the war between Ukraine and Russian Federation. Transport events bear a resemblance to crisis situations.

In recent years, statistical methods have seen considerable application in the realm of transport management, with companies and organizations increasingly turning to these tools to optimize their operations. However, the implementation of statistical methods necessitates a thorough examination of the prevailing statistical database. This analysis is crucial in detecting potential bottlenecks that demand particular consideration and remediation. It is imperative to acknowledge that effective prevention of train traffic safety necessitates comprehensive analytical endeavors and the implementation of contemporary

theoretical frameworks supported by an informational statistical base of technological processes. Consequently, there is a need and expressed desire to employ predictive methodologies to formulate scenarios that delineate the future behavior of transportation processes. The transition to a proactive approach to safety management is primarily focused on preventive measures related to the ability to apply risk management and predict hazardous places in transportation processes. This will improve the level of safety in railway transport.

Consequently, *the topic of the dissertation*, which deals with the development of a predictive risk-oriented management for transport technologies safety using railway transportation as an example, *is relevant*.

The objective of this research is to examine and to secure the safety of the transportation process in railway transport.

The subject of the present study is the safety management of transport systems and technologies.

The purpose of the dissertation research is to develop methodological principles for managing the safety of transport technologies with a focus on railway transportation by developing an approach with elements of prediction of transport events based on the identification of bottlenecks and risks in the statistics of violations of the regulations of technological processes and the activities of railway transport structures.

In order to achieve the aforementioned purpose, it is necessary to solve the following tasks:

- analysis and review of existing theoretical and practical approaches to the management of railway traffic safety;
- selection of an effective theoretical research apparatus;
- development of an approach to managing the safety of transport processes and structures based on statistics of their behaviour;
- conducting experimental studies confirming the operability of the developed approach.

With regard to the dissertation, a total of 17 scientific works have been published, including four major works (two articles in periodicals indexed in the Scopus database and

two articles in scientific professional publications of Ukraine), and 13 works of an approbation nature (including one abstract in a periodical indexed in the Web of Science database).

The initial chapter of the thesis offers an analytical and evaluative examination of prevailing methodologies and frameworks for traffic safety management in railways and other transportation sectors. This analysis places particular emphasis on the assessment of existing railway traffic safety management systems, with a view to leveraging international best practices. Additionally, it delves into the intricacies of employing statistical methodologies for the management of railway traffic safety and the evaluation of its condition.

The second chapter is devoted to the selection and justification of the theoretical apparatus of the study.

The third chapter presents the developed methodology for formulating a managerial decision on traffic safety management based on the state of traffic safety as the final result of the railway transport as a system.

The final fourth chapter of the dissertation is devoted to the practical implementation of the developed quasi-predictive methodology on traffic safety management based on the state of traffic safety as the final result of the railway transport as a system.

The scientific novelty of the dissertation work lies in its contribution to the scientific problem of developing approaches to managing the safety of transport processes and systems by using the theory of self-organizing systems and risk management.

For the first time:

– a methodology for managing train safety processes has been developed, which combines some aspects of the method of detecting hidden statistical patterns and risk management. This approach differs from existing methodologies in that it enables safety processes to be focused on solving «bottlenecks» derived from the actual statistics on the activity of a particular process or system. As a result, limited human, financial and time resources can be used more effectively in practice;

– the concept of prerequisites in the cause-effect relationships of violations has been applied. These prerequisites, unlike the cause, are situated within the domain of

technological process organisation. The nature of these prerequisites is not random, but rather deterministic. This has enabled the effective prevention and warning of failures and transport events. This effectiveness is based on the elimination (reduction of the impact) of the shortcomings of a specific technological process organisation.

The following refinements and developments have been made:

- the principle of process or system management based on a norm of behaviour has been refined. The norm is now considered a functional optimum, and its essence has been formalised. This allows the management of the technological process, using its individual characteristics and the realities of interaction with a specific environment;

- a classifier of prerequisites for railway signalling and communication facilities has been developed in accordance with the changes of the recent period. An example is provided and the application of the classifier in the management of the security process based on expert assessments is described in detail. This has made it possible to use the prerequisites in practice.

The practical significance of the obtained results is that, based on the results of theoretical research, a quasi-predictive methodology for managing the technological process, based on real statistics of the technological process, has been proposed. The detection of bottlenecks and risks enables the organisation's management to focus on the most dangerous areas of the process or organisation. The integration of risk management and the availability of a computer database of process statistics within the railway's structural units ensures the application of the developed methodology is a genuine, ongoing management process. The primary provisions and recommendations of the dissertation research were utilised by the Structural Unit «Signalling and Communication Service» of the Regional Branch «Southern Railway» of the Joint-Stock Company «Ukrainian Railways». The key outcomes of the research have also been incorporated into the academic process of the State University of Infrastructure and Technologies of Ukraine, specifically in the preparation of bachelors and masters students in the field of 275 Transport Technology (by type).

Keywords: railway system, management, traffic safety, transport process, railway, infrastructure, stresses, emergency response modeling, transport event, risk, prerequisite, management decision-making, human factor, technical equipment operability, statistics of violations.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Матеріали у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України та до міжнародних наукометричних баз даних:

1.1 Стрелко О.Г., Бердниченко Ю.А., Соловійова О.С., Альоша А.М., Манілевич Є.І. Підвищення рівня безпеки руху на залізничному транспорті за рахунок оптимізації роботи системи управління безпекою руху поїздів. *Вісник Херсонського національного технічного університету. Серія «Інженерні науки»*. 2021. №2(77). С. 57-65. Наукове фахове видання України категорії «Б». <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.2.7>

1.2 Samsonkin V., Sotnyk V., Yurchenko O., Soloviova O., Zmii S., Myronenko V. Devising a methodology to manage the performance of technical tools of rail transport signaling systems based on the risks of their functioning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 6/3 (120). Pp. 32–43. (Scopus Q3) <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268715>

1.3 Samsonkin V., Popova H., Shcherbyna R., Horetskyi O., Soloviova, O. Analysis of empirical research of students and graduates of the faculty of «Railway transport management» about the state of psychological climate in railway subdivisions. *Transport Systems and Technologies*. 2022. № 39. Pp. 190–208. Scientific professional edition of Ukraine category «B». <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-18>

1.4 Strelko O., Solovyova O., Berdnychenko Y., Kyrychenko H., Solovyova L. Study of the contemporary trends in the development of transport systems of the Ukrainian railways. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*. 2023. № 22(2). Pp. 263–279. (Scopus Q3) <https://doi.org/10.31648/aspal.8444>

2. Опубліковані праці апробаційного характеру:

2.1 Соловійова О.С. Удосконалення системи управління безпекою на українських залізницях. *LXXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних*

підрозділів університету. Київ: Національний транспортний університет, 2022. Вип. 78. С. 197.

<https://drive.google.com/file/d/1yhVlySe-r3EHbJt98UoRZEW94NhXOzk7/view>

2.2 Соловійова О.С. Аналіз та огляд підходів до оптимізації управління безпекою на залізничному транспорті. *Збірник тез науково-практичної конференції студентів, аспірантів і викладачів*. Київ: Державний університет інфраструктури та технологій, 2022. С. 443-445.

https://files.duit.edu.ua/uploads/%D0%A1%D0%B0%D0%B9%D1%82/3_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%90/conferences/suit-conferences/thesis-collection-2022.pdf

2.3 Самсонкін В.М., Соловійова О.С. Передбачення аварії на залізничному транспорті: чи можливо це? *X Наукова конференція «Наукові підсумки 2021 року»*. Збірка наукових праць. Харків: Технологічний центр, 2021. С. 43.

https://entc.com.ua/download/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%85_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%8C_%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%81%D1%83%D0%BC%D0%BA%D0%B8_2021.pdf

2.4 Самсонкін В.М., Погорілий О.В., Соловійова О.С. Особливості застосування нового положення про систему управління безпекою руху в Україні. *Матеріали конференції: II Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми та перспективи інноваційного розвитку економіки і техніки в умовах інтеграції України в Європейський науково-виробничий простір*. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2022. С. 78-80.

<http://www.krcci.pl.ua/uploads/files/science-conf-2022/collection-2022.pdf>

2.5 Samsonkin V.M., Soloviova O.S., Bureika G. Improving the efficiency of railway safety management in the digital era: an analysis of forecasting methods. *Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз; збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської*

наукової конференції. Дніпро: Український державний університет науки і технологій, 2022. С. 20-28.

<https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f5ca2c4c-d943-4987-85ba-132cdfd22de2/content>

2.6 Самсонкін В. М., Соловійова О. С., Погорілий О. В. Розробка першочергових нормативних документів з безпеки руху залізничного транспорту: досвід ЄС. *XI Наукова конференція «Наукові підсумки 2022 року». Збірка наукових праць.* Харків: Технологічний центр, 2022. С. 59.

https://entc.com.ua/download/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7_11_%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%96%CC%88%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%96%CC%88_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%9E%D0%92%D0%86%20%D0%9F%D0%86%D0%94%D0%A1%D0%A3%D0%9C%D0%9A%D0%98%202022%20%D0%A0%D0%9E%D0%9A%D0%A3_.pdf

2.7 Соловійова Л., Соловійова О. Безпека життєдіяльності на залізничному транспорті. *Вісімнадцяті наукові читання, присвячені діяльності Олександра Парфентійовича Бородіна (1848-1898).* Київ: Талком, 2022. С. 17-31.

https://www.researchgate.net/publication/391956812_BEZPEKA_ZITTEDIALNOSTI_NA_ZALIZNICNOMU_TRANSPORTI_SAFETY_OF_LIFE-ACTIVITY_IN_RAILWAY_TRANSPORT

2.8 Соловійова О.С. Вплив людського фактору на рівень безпеки українських залізниць. *LXXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету.* Київ: Національний транспортний університет, 2023. Вип. 79. С. 349.

<https://drive.google.com/file/d/1ZP8ANZsGcZTzASczTixpto6w2MKfDwt5/view>

2.9 Samsonkin V., Soloviova O., Myronenko V., Yurchenko O. Features of the proactive strategy application for railway safety management. *International Scientific-Practical Conference in a hybrid format on «The Fourth Industrial Revolution and*

Innovative Technologies» (May 3-4, 2023). Ganja: Azerbaijan Technological University, 2023.

<https://atu.edu.az/storage/konfrans/1101697236807.pdf>

2.10 Самсонкін В.М., Соловйова О.С. Цифровізація процесів запобігання надзвичайним ситуаціям на залізничному транспорті. *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 132-133.

http://pesconf.nuczu.edu.ua/images/2022/Program_PES2023_130523_c.pdf

2.11 Самсонкін В.М., Юрченко О.Г., Мироненко В.К., Соловйова О.С., Булгакова Ю.В. Методика запобігання кризовим ситуаціям на основі оперативного управління ризиками на прикладі залізничного транспорту. *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 134-135.

http://pesconf.nuczu.edu.ua/images/2022/Program_PES2023_130523_c.pdf

2.12 Самсонкін В.М., Соловйова О.С. Інтелектуальна підсистема управління готовністю технічних засобів убезпечення руху поїздів у господарстві сигналізації та зв'язку. *4-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології» : тези доповідей*. Харків: УкрДУЗТ, 2023. С. 22-24.

<https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2023/11/zbirnik-tez-dopovidej-itt2023-.pdf>

2.13 Samsonkin V., Yurchenko O., Bulgakova I., Soloviova O., Akbaeva A. Prevention of Crisis Situations During the Operation of the Critical Infrastructure of Railway Transport. *International Conference TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2023* (14-15 September; Vilnius, Lithuania). Springer, Cham, 2024. Pp. 562-573. (Web of Science)

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7_56

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-52652-7_56

ЗМІСТ

ВСТУП	17
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РУХУ НА ТРАНСПОРТІ	25
1.1 Визначення поняття «безпека» у транспортних системах	25
1.2 Дослідження особливостей управління безпекою руху на залізничному транспорті	28
1.3 Огляд структури та принципів управління безпекою руху у залізничних компаніях	35
1.4 Аналіз теоретичних підходів до оцінки стану безпеки руху на залізничному транспорті з метою управління	43
1.4.1 Особливості статистичного підходу у сфері управління	49
Висновки до розділу 1	69
2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО АПАРАТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	71
2.1 Особливості застосування ризик-менеджменту на залізничному транспорті	71
2.2 Методи прогнозування	86
2.3 Уявлення залізничної транспортної системи як самоорганізуючої	94
2.4 Визначення гіпотези дослідження	98
Висновки до розділу 2	100
3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	101
3.1 Визначення основних положень Методу виявлення прихованих статистичних закономірностей	101
3.2 Визначення положень теорії управління ризиками	106
3.3 Розробка статистичної квазі-предиктивної методики управління безпекою руху на залізничному транспорті	114

3.4 Формалізація процесу управління безпекою на основі поняття норми поведінки	123
Висновки до розділу 3	132
4 ЗАСТОСУВАННЯ КВАЗІ-ПРЕДИКТИВНОЇ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ УБЕЗПЕЧЕННЯМ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ У ГОСПОДАРСТВІ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ ЗАЛІЗНИЦІ	134
4.1 Постановка експерименту на реальних даних відмов служби сигналізації та зв'язку РФ «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця»	134
4.2 Виявлення причин-ризиків технічних відмов	136
4.3 Виявлення передумов технічних відмов як ризиків у господарстві сигналізації та зв'язку АТ «Українська залізниця»	143
4.4 Виявлення найбільш вагомих передумов за допомогою методології Делфі	148
4.4.1 Характеристика методу Делфі	148
4.4.2 Практичне застосування методу Делфі для виявлення найбільш вагомих передумов	152
4.4.3 Оцінка узгодженості експертних даних	156
Висновки до розділу 4	165
ВИСНОВКИ	167
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	170
ДОДАТОК А Основні методи оцінки ризиків та ступені їх застосування	186
ДОДАТОК Б Анкета експерта першого етапу опитування	191
ДОДАТОК В Анкета експерта другого етапу опитування	193
ДОДАТОК Г Акт про впровадження результатів дисертації в навчальний процес (ДУІТ)	195
ДОДАТОК Д Акт про впровадження результатів дисертації (СП «Служба сигналізації та зв'язку» РФ «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця»)	197

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Ефективність діяльності залізничного транспорту як системи визначається знанням його стану, здатністю керувати ним та точністю алгоритмів управління. Практично до цього узагальнюючого поняття входять надійність, роботоспроможність системи, контроль зносу та витрат на відновлення, проведення досліджень з найважливіших напрямів складових компонентів безпеки руху, впровадження наукових досягнень у життя.

Забезпечення високого рівня безпеки є необхідною умовою функціонування транспортного комплексу, оскільки, у відповідності зі статтею 16 ЗУ «Про транспорт» [91], підприємства транспорту зобов'язані забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, безпеку експлуатації транспортних засобів, охорону навколишнього природного середовища.

Враховуючи прийнятий Україною курс на євроінтеграцію, а також реформаційні зміни, які зараз відбуваються в галузі залізничного транспорту, виникає необхідність впровадження нових підходів до забезпечення безпеки руху поїздів.

Все різноманіття питань стосовно оптимізації транспортних процесів вимагає сучасних засобів збору та обробки необхідної інформації, цілеспрямованого використання отриманих результатів для координації галуззю, наявності зворотного зв'язку про виконувані дії. Рішення такого роду завдань стає все більш реальним у зв'язку з можливістю системного використання комп'ютерної техніки, яка дає можливість розширити обсяг контрольованої інформації, забезпечити її оперативну обробку та випереджальне прогнозування стану керованої системи.

Зважаючи на сучасний стан транспортної галузі, коли вже досягнутий досить високий рівень безпеки перевезень пасажирів і вантажів, для забезпечення подальшої позитивної динаміки необхідним є проведення постійних превентивних заходів, що зменшуватимуть ризик виникнення порушень безпеки руху.

Оскільки залізничний транспорт, як і будь-яка складна система, при здійсненні своєї діяльності неминуче стикається з невизначеністю та ризиком, необхідно повною

мірою використовувати всі інструменти управління, зокрема і ризик-менеджмент. Концепція безпеки в АТ «Українська залізниця», що є національним перевізником вантажів та пасажирів, належить до типу перехідних від реактивної – орієнтованої на усунення причин подій, які відбулися – до проактивної. Зважаючи на що, зміна парадигми процесу попередження транспортних подій контролю та нагляду за безпекою руху: з ліквідації наслідків та аналізу порушень безпеки руху, що вже відбулися, на їх прогнозування та запобігання, є необхідним науковим завданням в контексті забезпечення підвищення безпеки руху поїздів.

Ефективна система управління безпекою руху повинна, перш за все, виконувати такий ряд функцій:

- встановлення характеру та номенклатури показників безпеки перевезення пасажирів та вантажів загалом, технологічних процесів функціонування технічних (апаратних) та програмних засобів, персоналу залізниць;

- розробку гармонізованих між собою нормативних значень показників безпеки та ризиків різних видів;

- ідентифікацію небезпечних відмов та помилок, їх частоту;

- аналіз ефективності заходів забезпечення показників безпеки та ризиків;

- забезпечення мінімальних обсягів витрат;

- аналіз фактичних значень показників безпеки та ризиків, а також контроль їх відповідності нормативним значенням у реальному масштабі часу або наближеному до нього;

- прогнозування показників безпеки перевезень, ризиків небезпечних станів, втрат та збитків;

- прогнозування показників функціонування технічних засобів та персоналу на всіх етапах їх життєвих циклів;

- розробка програм заходів оперативного та довгострокового характеру щодо забезпечення заданих показників безпеки перевезень.

Діюча нині система управління безпекою на залізничному транспорті [2] виконує не в повному обсязі перелічені вище функцій, що унеможливорює забезпечення максимальної ефективності управління безпекою залізничних

перевезень. А це в свою чергу суперечить класичній теорії управління, яка включає три елементи: планування, організацію і власне управління, що базуються на прогнозуванні діяльності та розвитку системи [51]. Зважаючи на це, з метою підвищення ефективності управління безпекою транспортних технологій на мережі українських залізниць, необхідними є здатність прогнозувати динаміку невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовища та здатність формувати раціональні механізми запобігання негативним наслідкам цієї невизначеності.

Варто зазначити, що останнім часом управління транспортними системами та процесами в Європі здійснюється на основі широкого використання ризик-менеджменту. На поняття ризик-орієнтоване мислення акцентує увагу міжнародний стандарт ISO 9001:2015. Для швидкого та адекватного реагування на реалізацію ризиків слід застосовувати поняття кризи-менеджменту, це стало очевидним під час війни між Україною та РФ. Транспортні події по ознакам подібні кризовим ситуаціям.

Для керування транспортними процесами та компаніями останні роки широко застосовуються статистичні методи. Однак для їх використання важливий всебічний аналіз існуючої статистичної бази для виявлення вузьких місць, на які слід звернути особливу увагу. Варто зазначити, що ефективна профілактика безпеки руху поїздів вимагає великої аналітичної роботи та використання сучасних теоретичних підходів з інформаційною статистичною базою технологічних процесів. Тому існує необхідність та бажання використати предиктивні підходи для побудови сценаріїв майбутньої поведінки транспортних процесів. Такий перехід на проактивний підхід до управління безпекою орієнтований насамперед на запобіжні заходи, пов'язані з умінням застосовувати ризик-менеджмент та прогнозувати небезпечні місця у технологічних процесах перевезень. Це надасть змогу підвищити рівень безпеки на залізничному транспорті.

Таким чином, *тема дисертаційної роботи*, яка присвячена розробці предиктивного ризик-орієнтованого управління безпекою транспортних технологій на прикладі залізничних перевезень, *є актуальною*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано у відповідності до «Національної транспортної стратегії України на

період до 2030 року», яку введено в дію наказом (розпорядження КМУ від 30.05.10 р. №430-р); «Концепції державної програми реформування залізничного транспорту України», затвердженої розпорядженням КМУ від 27.12.2006 р №651р. Наукові результати отримані при виконанні міжнародного проекту EU Erasmus+ project «Crisis and Risks Engineering for Transport Services» No. 598218-EPP-1-2018-1-PL-EPPKA2-SVNE-JP у 2020-2022 роках; планів науково-дослідних робіт Державного університету інфраструктури та технологій за темою «Наукові основи системи підтримки прийняття рішень та розвитку технічного обслуговування рухомого складу та залізничної інфраструктури» (державний реєстраційний номер 0123U100646), у виконанні яких авторка дисертації брала безпосередню участь.

Мета і завдання дослідження.

Мета дисертаційного дослідження полягає у розвитку методичних засад управління безпекою транспортних технологій з орієнтацією на залізничні перевезення на основі розробки підходу з елементами прогнозування транспортних подій на основі визначення вузьких місць та ризиків у статистиці порушень регламенту технологічних процесів та діяльності структур залізничного транспорту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- аналіз та огляд існуючих теоретичних та практичних підходів до управління безпекою руху на залізничному транспорті;
- вибір ефективного теоретичного апарату дослідження;
- розробка підходу до управління безпекою транспортних процесів та структур на основі статистики їх поведінки;
- проведення експериментальних досліджень, які підтверджують роботоспроможність розробленого підходу.

Об'єкт дослідження – забезпечення перевізного процесу на залізничному транспорті.

Предмет дослідження – управління безпекою транспортних систем та технологій.

Методи дослідження. У дисертації використовувалися аналітичні, експериментальні, статистичні, емпіричні та комплексні (емпірично-теоретичні)

методи. Розробка підходів та методів контролю, оцінки та управління безпекою на залізничному транспорті вимагала застосування теорії систем, що самоорганізуються. Розробка принципів системи управління безпекою та підтримки прийняття рішень передбачає застосування системного підходу, теорії управління, теорії інформації, математичної статистики. Теоретичною базою розробок дисертації стали Метод виявлення прихованих статистичних закономірностей та положення теорії ризик-менеджменту.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні наукової задачі розвитку підходів до управління безпекою транспортних процесів та систем шляхом використання теорії систем, що самоорганізуються, та ризик-менеджменту.

Вперше:

– розроблено методику управління процесами забезпечення руху поїздів, яка поєднала деякі аспекти методу виявлення прихованої статистичної закономірності та ризик-менеджменту. Це дозволило, на відміну від існуючих підходів, зробити процес забезпечення цілеспрямованим на розв’язання «вузьких місць», які отримані з реальної статистики діяльності конкретного процесу або системи, та відповідно ефективно використовувати обмежений на практиці людський, фінансовий та часовий ресурси;

– використано поняття передумови у причинно-наслідкових зв’язках порушень, яке, на відміну від причини, знаходиться у сфері організації технологічних процесів, носить не випадковий, а детермінований характер. Це дозволило зробити процес профілактики та попередження збоїв/транспортних подій ефективним, заснованим на ліквідації (зменшенні впливу) недоліків конкретної організації технологічних процесів.

Доопрацьовано або набуло подальшого розвитку:

– принцип управління процесом або системою на основі норми поведінки. Норма розглянута як функціональний оптимум, формалізована її сутність. Це дозволяє керувати технологічним процесом, використовуючи його індивідуальні особливості та реалії взаємодії з конкретним середовищем;

– класифікатор передумов господарства сигналізації та зв'язку залізниці відповідно до змін останнього періоду. Надано приклад та ретельно описано застосування класифікатору в управлінні процесом убезпечення на основі експертних оцінок. Це дало можливість використання передумов на практиці.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає у тому, що на підставі отриманих результатів теоретичних досліджень запропоновано квазі-предиктивну методику управління технологічним процесом, яка основана на реальній статистиці технологічного процесу. Виявлення вузьких місць та ризиків дозволяє керівництву організації зосередитись на найбільш небезпечних напрямках функціонування процесу або організації. Застосування ризик-менеджменту та наявність комп'ютерної бази даних статистики технологічних процесів у структурних підрозділах залізниці робить застосування розробленої методики реальним, постійно діючим процесом керування. Основні результати роботи впроваджено у навчальний процес ДУІТ при підготовці та підвищенні кваліфікації фахівців спеціальності 275 Транспортні технології (за видами).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею. Сформульовані автором наукова новизна, висновки, положення та практичні пропозиції, що винесені дисертантом на захист, представляють оригінальний авторський доробок. При використанні наукових праць інших учених, на них зроблено відповідні посилання. Обсяг особистого наукового внеску автора наведено у переліку опублікованих праць. Теоретичні обґрунтування, практичні розробки, висновки й рекомендації, які містяться в дисертаційній роботі, отримані здобувачем самостійно на основі наукового дослідження, аналізу теоретичного матеріалу й одержаних результатів експериментальних досліджень.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на таких наукових конференціях:

– LXXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Національний транспортний університет, м. Київ, 2022 р.);

- Науково-практична конференція студентів, аспірантів та викладачів (Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, 2022 р.);
- X наукова конференція «Наукові підсумки 2021» (ПП «Технологічний центр», м. Харків, 29.12.2021 р.);
- II Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми та перспективи інноваційного розвитку економіки і техніки в умовах інтеграції України в Європейський науково-виробничий простір» (ДП «Український науково-дослідний інститут вагобудування», м. Кременчук, 09.06. 2022;
- Всеукраїнська наукова конференція «Логістика та транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз» (Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, 28.10.2022 р.);
- XI Наукова конференція «Наукові підсумки 2022 року» (ПП «Технологічний центр», м. Харків, 2022 р.);
- Вісімнадцяті наукові читання, присвячені діяльності Олександра Парфентійович Бородіна (1848-1898), («Талком», м. Київ, 12.10.2022 р.);
- LXXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Національний транспортний університет, м. Київ, 2023 р.);
- International Scientific-Practical Conference in a hybrid format on «The Fourth Industrial Revolution and Innovative Technologies» (Azerbaijan Technological University, Ganja, May 3-4, 2023);
- Міжнародна науково-практична конференція «Problems of emergency situations» (PES-2023) (Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, 19.05.2023 р.);
- Міжнародна науково-практична конференція «Problems of emergency situations» (PES-2023) (19 травня, 2023);
- 14th INTERNATIONAL CONFERENCE TRANSBALTICA 2023: TRANSPORTATION SCIENCE AND TECHNOLOGY (VILNIUS TECH Faculty of Transport Engineering, Vilnius (Lithuania), September 14-15, 2023);

– 4-а Міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології» (Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, 27–28 листопада 2023 р.).

У повному обсязі дисертація доповідалась та була схвалена (з рекомендаціями та зауваженнями) на засіданні кафедри технологій транспорту та управління процесами перевезень, а також на міжкафедральному науковому семінарі в Київському інституті залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій за участю рецензентів.

Публікації. Результати дисертаційного дослідження опубліковані у 17 наукових працях, з яких: дві статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, та дві статті у наукових фахових виданнях України, 13 праць апробаційного характеру (серед яких одні тези у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Web of Science).

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і п'яти додатків. Повний обсяг роботи складає 197 сторінок, з яких основного тексту – 154 сторінки, які містять 33 рисунки та 36 таблиць; список використаних джерел містить 138 найменувань і займає 16 сторінок; 5 додатків викладено на 11 сторінках.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РУХУ НА ТРАНСПОРТІ

У цьому розділі викладено аналіз та огляд існуючих підходів та методів управління безпекою руху на залізничному та інших видах транспорту. Особливу увагу приділено аналізу існуючих систем управління безпекою руху на залізничному транспорті з врахуванням міжнародного досвіду та дослідженню особливостей застосування статистичного підходу до управління безпекою руху на залізничному транспорті та до оцінки її стану.

1.1 Визначення поняття «безпека» у транспортних системах

Безпека входить до ряду первинних потреб людини як біологічна, економічна та соціальна категорія. Її неможливо ігнорувати і не враховувати у житті людей та будь-якій діяльності. Особливого значення набуває безпека технічно складних систем (до «складних технічних систем» відносять технічні системи, що складаються з величезної кількості складових елементів, з'єднаних між собою нетривіальними зв'язками), до яких, безумовно, відноситься транспорт, у тому числі залізничний.

Система уявлень і понять у сфері безпеки спирається на поняття «небезпека».

Існує безліч визначень поняття «небезпека», але найбільш поширене полягає в тому, що небезпека є будь-яким потенційним джерелом шкоди, будь-якою ймовірністю шкоди щодо певного об'єкта або людини. Тобто небезпека відображає уявлення про потенційну реалізацію збитків у певних умовах та ситуаціях. Поняття небезпеки має дві найважливіші властивості: по-перше, упорядкована множина визначень, тобто говорити про більшу чи меншу небезпеку, що відповідно до загальної теорії вимірювань свідчить про вимірність цього поняття в кількісних характеристиках, які можуть бути як дійсними числами (або групами чисел), так і натуральними числами (рангові характеристики або класи небезпеки); по-друге, має

імовірнісну природу.

Змістовна структура поняття небезпеки включає три складові: по-перше, уявлення про джерело (носія, суб'єкт) небезпеки (по відношенню до суб'єкта небезпека постає як його властивість, що виявляється у певних станах і здатності нанесення шкоди у цих станах); по-друге, уявлення про об'єкт небезпеки, на який спрямований шкідливий вплив суб'єкта небезпеки (об'єкт, внаслідок такого впливу, може зазнавати збитків, реалізація яких залежить від несприятливих обставин, умов чи ситуацій; по відношенню до об'єкта небезпека постає як загроза (очікування, можливість, ймовірність) шкоди); по-третє, використовується в такому контексті, з якого можна виділити цілісну групу явищ, впливів, процесів, ситуацій, що сприяють реалізації очікуваної шкоди об'єкту небезпеки з боку суб'єкта небезпеки (ця група формує уявлення про взаємозв'язок, взаємодію, в якій знаходяться між собою суб'єкт та об'єкт небезпеки – це ставлення доречно назвати ставленням небезпеки).

Поняття безпеки є похідним від поняття небезпеки та вимагає для свого визначення уявлення про допустимий рівень небезпеки, який визнається прийнятним. Суб'єкти небезпеки, рівень небезпеки яких нижчий від допустимого, визнаються безпечними (стосовно тих об'єктів небезпеки, які підлягають захисту в рамках поставленого завдання забезпечення безпеки). Таким чином, безпека визначається як припустима (прийнятна, незначна) небезпека.

Допустимий рівень небезпеки виступає як складова частина критерію безпеки, використання якого дозволяє проводити оцінки безпеки та виносити судження про безпеку суб'єкта (носія) небезпеки для об'єктів небезпеки, що підлягають захисту від шкідливих впливів з боку цього суб'єкта.

Основні похідні поняття у сфері безпеки: показник безпеки – кількісна (рангова) величина, що характеризує рівень безпеки; параметр безпеки – допоміжна чисельна величина, розрахунок чи оцінка якої необхідні для визначення показників безпеки; критерій безпеки – правило, алгоритм, спосіб відповіді на питання: «Чи забезпечена безпека?». Наприклад, сукупність наступних операцій: оцінка показників безпеки, призначення нормативних значень цих показників (вказують гранично

допустимий рівень небезпеки), порівняння оцінених показників з цими нормативами; забезпечення безпеки – діяльність із зниження небезпеки до прийнятного рівня.

Варто зазначити, що перш ніж стане можливим провести оцінку того, чи є та чи інша система безпечною, спочатку необхідно визначити, який рівень ризику може вважатися прийнятним для даної системи [5]. Аналіз ризику є центральною ланкою у забезпеченні безпеки, базується на зібраній інформації та визначає заходи щодо контролю безпеки промислових об'єктів. Основне завдання аналізу ризику полягає в тому, щоб надати об'єктивну інформацію щодо стану безпеки об'єкта, що аналізується. Аналіз ризику має ідентифікувати небезпеки, виявити їхню частоту та провести аналіз наслідків, що змістовно досліджено в 2-3 розділах дисертаційної роботи.

Чим складніша система, чим більше у ній елементів, чим складніші зв'язки, тим складнішим є процес аналізу та прогнозування її стану, і тим більшу потенційну небезпеку вона в собі таїть.

У контексті дослідження безпеки транспортних систем, у т.ч. залізничного транспорту, доцільно дати визначення безпеки руху. Під безпекою руху мається на увазі якість системи перебувати в безпечному стані за розрахунковий час, коли відсутня загроза безпеці життя і здоров'я громадян (пасажирів, персоналу, населення), безпеки вантажів, об'єктів господарювання, технічних засобів. Безпека руху повинна бути забезпечена на найвищому рівні, прямуючи до рівня абсолютної безпеки, або до рівня допустимого ризику, залежно від концепції країни, але за будь-яких обставин процес перевезення має бути безпечним як для пасажирів, так і для робітників транспорту. В умовах зростаючої небезпеки зі сторони техносфери, люди, які користуються послугами транспорту, повинні відчувати максимально низький рівень загрози, що створить передумови для залучення нових клієнтів та підвищення конкурентоспроможності транспорту. Таким чином, безпека – комплексне багатовимірне соціально-політичне та науково-технічне явище, що є головним системоутворюючим фактором діяльності транспортних систем, у т.ч. залізничного, та найважливішим соціальним фактором.

1.2 Дослідження особливостей управління безпекою руху на залізничному транспорті

З погляду дослідження та оцінки стану техногенної безпеки залізничні магістралі України – найскладніша людино-машинна система, що має низку відмітних ознак: значна протяжність та географічна розосередженість; багаторівнева ієрархічна структура; велика кількість підгалузей (господарств), що виконують свої функції на користь досягнення загальної мети; єдина технологія перевізного процесу; велика кількість інформаційних потоків та різноманітних зворотних зв'язків; інтегрованість у систему відправлення та отримання вантажів у динамічній взаємодії з іншими видами транспорту; функціонування залізничної транспортної системи та її підсистем за умов дії випадкових факторів. Незважаючи на зазначені особливості, що потенційно підвищують ризик небезпечних станів технологічних процесів, на сьогоднішній день ця величезна динамічна система є найбезпечнішим видом транспорту для пасажирів і для вантажів, не дивлячись навіть на воєнні умови.

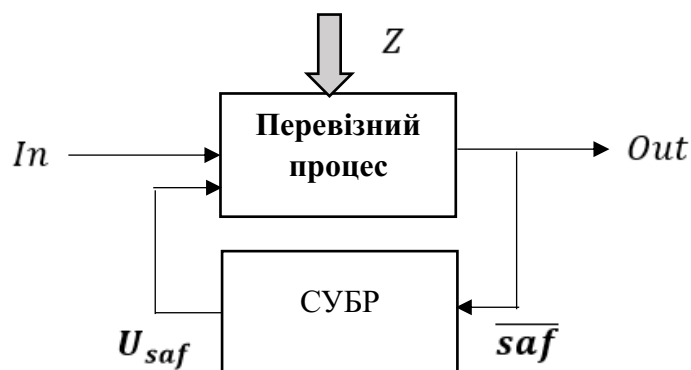
Управління безпекою перевезень – процес, що включає низку взаємопов'язаних функцій, виконання яких призначене для забезпечення заданих значень показників безпеки перевезень. Від повноти номенклатури функцій та точності їх виконання залежить ефективність процесу. Показник ефективності управління безпекою повинен відображати співвідношення значення показника безпеки та обсягу ресурсів, необхідних для її забезпечення. Схематична інтерпретація управління технологічною безпекою в організації, яка пов'язана з транспортом представлена на рисунку 1.1.

Основними напрямками забезпечення безпеки є:

1) технологічна безпека, що означає контроль та управління станом, колій та споруд, локомотивного парку, вагонного парку, перевезень, автоматики та телемеханіки, електрифікації та електропостачання, зв'язку;

2) транспортна безпека, що включає охорону та захист об'єктів транспортної інфраструктури, організацію та проведення ліквідації наслідків порушення безпеки (теракт, транспортна подія тощо);

3) інформаційна безпека, яка передбачає контроль та захист від несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів; захист цілісності, безпеки та надійного функціонування інформаційної інфраструктури.



In – завдання на перевізний процес;
Out – результати діяльності компанії;
 (econ, fin, tech, social, ecology, \overline{saf}) \overline{saf} – порушення, транспортні події, відмови;
 U_{saf} – процедури управління безпекою руху.

Рисунок 1.1 – Управління технологічною безпекою в організації, яка пов'язана з транспортом

Забезпечення безпеки руху поїздів та всієї експлуатаційної роботи залізничного транспорту у вантажному та пасажирському русі, засноване на високій надійності всіх технічних засобів (рухомого складу та постійних пристроїв) – найважливіші технічні критерії якості та ефективності. Під організацією забезпечення безпеки руху розуміється сукупність заходів організаційного характеру, націлених на підвищення цілеспрямованості, системності та ефективності всіх дій із забезпечення безпеки руху.

Аналіз статистичних даних про порушення безпеки руху [3] свідчить, що забезпечення безпеки руху – процес керований. Термін «управління» означає «регулювання», «усунення невідповідності між вимірюваною величиною показника та нормованим його значенням, між фактичним станом справ та необхідним» [9]. Звідси, процес управління безпекою перевезень включає: встановлення нормативних значень показників безпеки перевезень; встановлення нормативних значень показників безпеки функціонування технічних засобів та технічного персоналу, що

беруть участь у реалізації процесу перевезень; розробку програм забезпечення нормативних показників безпеки функціонування на всіх етапах життєвого циклу технічних засобів та технічного персоналу, реалізацію цих програм, сертифікацію перевезень, у тому числі технічних засобів та технічного персоналу, за показниками безпеки; аналіз фактичної безпеки перевезень та прогнозування її за різних умов реалізації перевезень; розробку заходів оперативного та стратегічного характеру щодо підтримки встановленого рівня безпеки або з метою його збільшення.

Кінцева мета всієї цієї роботи полягає у максимальному скороченні числа порушень безпеки руху, зниженні економічної шкоди, збереженні життя та здоров'я людей.

Для забезпечення безпеки на українських залізницях діє система управління безпекою руху на залізничному транспорті України (далі – СУБР) – документально зафіксована та затверджена керівництвом підприємства сукупність методів, підходів до організації та заходів, які підприємство застосовує для забезпечення безпеки руху [2]. Система управління безпекою перевезень – сукупність функціонально взаємопов'язаних технічних засобів, нормативно-правових актів та персоналу, призначених для реалізації процесу управління безпекою перевезень. Система характеризується набором виконуваних функцій, організаційною структурою, технічною, нормативно-правовою, науково-методичною та кадровою базами [4]. Разом з тим, у зв'язку із змінами в законодавстві країни, впровадженням на транспорті нових інформаційних технологій, розвитком систем збирання та передачі інформації виникає необхідність адаптації існуючої системи управління безпекою до нових умов її функціонування [6].

Головними завданнями СУБР є своєчасне виявлення небезпечних факторів або загроз, оцінювання ступеня ризику та здійснення заходів щодо зниження ризику завдання шкоди здоров'ю людей, навколишньому природному середовищу та матеріальних збитків [2].

На думку професора В.М. Лісенкова, процедура управління безпекою перевезень повинна включати низку нових етапів, які відсутні в існуючому процесі управління: вибір та обґрунтування номенклатури ймовірнісних показників безпеки

перевезень пасажирів та вантажів, руху поїздів, функціонування технічних засобів та персоналу, а також встановлення їх нормативних значень; аналіз ефективності методів забезпечення заданих можливих показників безпеки функціонування технічних засобів, персоналу залізниць; визначення та обґрунтування функцій та параметрів технічних засобів, за якими забезпечуються нормативні значення показників безпеки їх функціонування; визначення та обґрунтування функцій та професійних характеристик фахівців, за якими забезпечуються нормативні значення показників безпеки їх функціонування; розробка та прийняття технічних регламентів, міжнародних та національних стандартів, стандартів організацій у сфері безпеки перевезень пасажирів та вантажів (стандартизація у сфері безпеки перевезень) з урахуванням необхідності застосування кількісних показників безпеки; державний контроль (нагляд) над виконанням вимог технічних регламентів.

Також варто зазначити, що вдосконалення концепції управління безпекою спирається на виявлення переваг та проблем існуючого підходу до безпеки руху поїздів. Вона повинна зберегти послідовність за спектром позитивних факторів, компенсувати існуючі негативні аспекти та забезпечити розвиток як теорії, так і практики управління безпекою руху поїздів.

У зв'язку з цим сформуємо існуючу логіку забезпечення безпеки руху. Вона складається з наступних етапів: ретроспективний аналіз стану безпеки; формування критеріїв безпечного руху поїздів; встановлення нормативів з різних сфер функціонування транспортного конвеєра; моніторинг поточного стану безпеки; оцінка ступеня безпеки; розробка заходів компенсації факторів порушення безпеки та її підвищення; реалізація розроблених заходів. Зазначені етапи перебувають у складній взаємодії, представлений на рисунку 1.2.

Охарактеризуємо основні зв'язки елементів системи забезпечення безпеки. Ретроспективний моніторинг здійснюється постійно. Він вимагає занурення у час функціонування об'єкта, використовує позасистемні (щодо системи управління реального часу) обчислювальні засоби та розвинені інформаційні технології. Ретроспективний моніторинг має зв'язок із менеджментом компанії, видаючи в

інтегрованому вигляді (наприклад, у вигляді аналітичних співвідношень) тенденції зміни та показники безпеки.

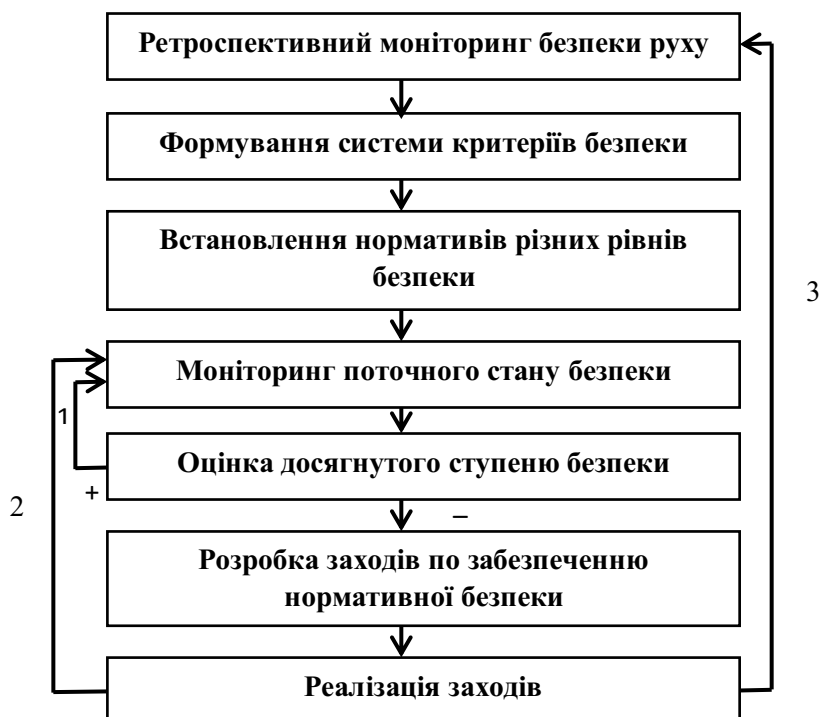


Рисунок 1.2 – Адаптивний алгоритм управління забезпечення безпеки руху

Залежно від результатів цього моніторингу формується система актуальних показників безпеки, інакше кажучи – ваги важливості критеріїв перерозподіляються. На основі цих критеріїв (доступних розробникам та менеджменту) встановлюються нормативи різних рівнів безпеки (для організаторів руху).

Поточний моніторинг полягає у вимірі заданих параметрів і далі проводиться оцінка (порівняння з нормативами). За їхньою відповідністю нормативам виникає перший цикл алгоритму – ми повертаємось на етап поточного моніторингу. В іншому випадку розробляються заходи щодо забезпечення безпеки у заданих нормативами межах.

Після реалізації вжитих заходів, по-перше, повертаємось на поточний моніторинг (цикл 2) та, по-друге, результати враховуються ретроспективним моніторингом (цикл 3).

Проведений аналіз дозволяє зробити такий висновок: існуюча система забезпечення безпеки реалізує принцип «управління безпекою за станом».

Якщо перейти на мову теорії автоматичного управління, слід констатувати у цьому алгоритмі реалізацію принципу зворотного зв'язку (необхідно порівняти рис. 1.2 і рис. 1.3). На рисунку 1.3 виходом керованого об'єкта розглядаються показники безпеки J_i . Вони порівнюються з граничними (допустимими) значеннями J_{ir} . Неузгодженість $\varepsilon = J_{ir} - J_i$ служить входом для блоку реалізації керуючих впливів U (заходи, що підвищують безпеку) на об'єкт.

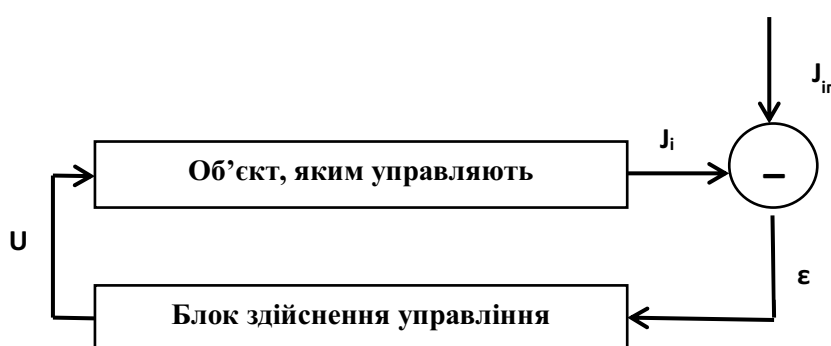


Рисунок 1.3 – Управління по зворотному зв'язку

Спираючись на описаний алгоритм, підвищення безпеки руху поїздів можна здійснити за рахунок:

(А) Зміни парадигми забезпечення безпеки – перехід від концепції недопущення збоїв та відновлення безпеки до попереджувального управління безпекою.

(Б) Розвитку комплексного підходу до вирішення проблеми, що включає організаційне, економічне, методологічне (математичні аспекти, нормативні), технічне, технологічне забезпечення.

(В) Інтелектуалізації (цифровізації) процедур керування рухом поїздів.

Прокоментуємо дані положення.

Пункт (А) включає: моделювання динаміки зміни показників безпеки на основі результатів моніторингу, ідентифікацію поточної та прогноз майбутньої безпеки, що випереджає управління безпекою на основі результатів прогнозу. В цьому випадку схема рисунку 1.2 зазнає принципових змін, які відображені на рис. 1.4. Перехід від

коригуючої схеми забезпечення безпеки, що використовує механізм зворотного зв'язку, до управління на основі прогнозу безпеки, вимагає виявлення прихованих закономірностей, розрахунку керуючих впливів. Повертаючись до теорії автоматичного регулювання, проілюструємо вище запропоновані ідеї. Прогноз розвитку параметрів безпеки дозволяє оцінити майбутні впливи на систему та попередити їх зміну. Отримуємо управління безпекою з врахуванням прогнозу (рис. 1.5).



Рисунок 1.4 – Випереджуваче управління безпекою руху

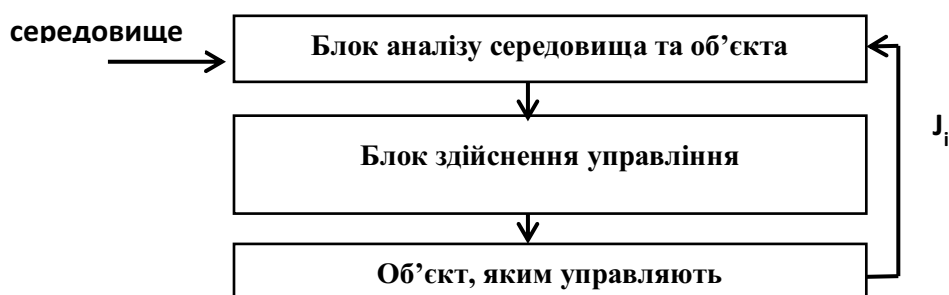


Рисунок 1.5 – Управління з врахуванням прогнозу

Комплексний підхід до вирішення проблеми на рисунку 1.4 об'єднує обидва розглянуті принципи, що приводить нас до комбінованої схеми управління безпекою руху (рис. 1.6).

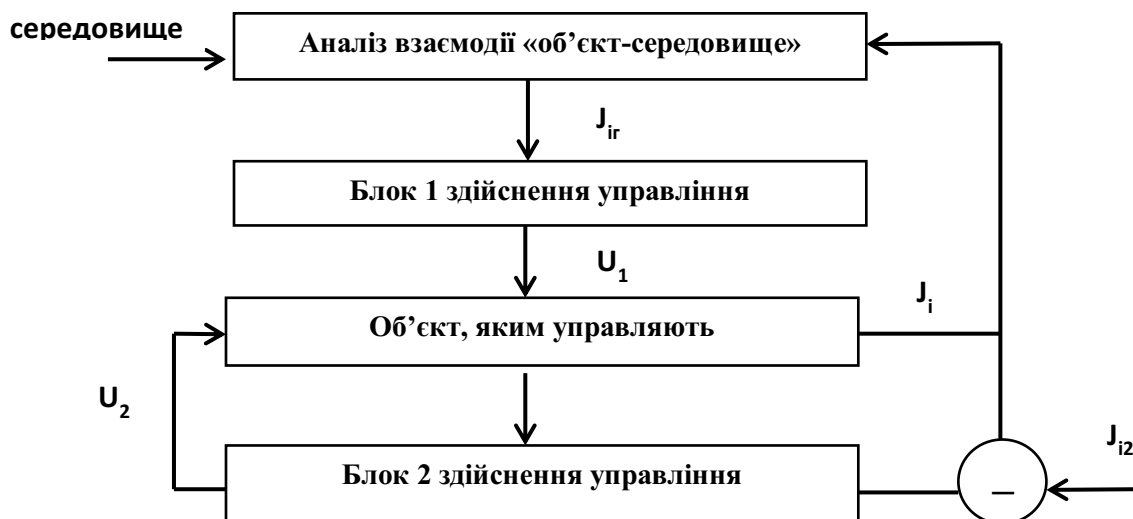


Рисунок 1.6 – Комбінована схема управління безпекою руху

Кожен названий фактор у контексті пункту (Б) вносить свою складову у загальну безпеку. Разом з тим їх комплексне використання формує так само позитивний синергетичний ефект взаємодії: результат від суми впливів більше суми результатів цих впливів.

Розглянемо також можливість підвищення безпеки за допомогою інтелектуалізації (цифровізації) процесів управління. Сучасні системи автоматизації та цифровізації на транспорті повинні вміти аналізувати ситуації, мати у своїй пам'яті минулий досвід функціонування в аналогічних випадках та адекватно реагувати на зміну обставин зовнішнього та внутрішнього середовищ. Такими системами є системи штучного інтелекту. Вони акумулюють позитивний досвід людини, використовуючи ресурси обчислювальної техніки.

1.3 Огляд структури та принципів управління безпекою руху у залізничних компаніях

Як було зазначено вище, на залізничному транспорті до теперішнього часу склалася певна система реагування на порушення та відмови, що в сукупності є

системою забезпечення безпеки руху. Концептуально забезпечення безпеки руху розглядається як діяльність органів залізничного транспорту, державної влади та місцевого самоврядування, підприємств, установ та громадян, спрямована на безперербійне функціонування залізниць та недопущення аварійних ситуацій у перевізному процесі, а також на зниження тяжкості наслідків можливих аварій. На підставі цього побудовано визначення безпеки руху.

Згідно з [2], безпека руху поїздів та маневрової роботи (безпека руху) – комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безаварійної роботи та утримання у постійній справності залізничних споруд, колій, рухомого складу, обладнання, механізмів та пристроїв.

Для проведення порівняльної оцінки стану безпеки на залізничному транспорті різних країн було обрано встановлення динаміки кількості транспортних подій за визначений період.

Система управління безпекою на залізничному транспорті (далі – СУБ) Канади включає кілька елементів, таких як політика безпеки, цілі безпеки, процес оцінки ризику та процедури моніторингу.

СУБ Канади забезпечує проактивний підхід до виявлення ризиків для забезпечення безпеки та вжиття заходів для усунення або пом'якшення (попередження) цих ризиків з метою запобігання нещасним випадкам та іншим небезпечним ситуаціям у процесі організації залізничних перевезень.

Діючі Правила системи управління безпекою на залізницях Канади [17], які набули чинності 1 квітня 2015 року, створюють основу для інтеграції безпеки у повсякденну діяльність залізничних компаній. Вони базуються на 12-річному досвіді, здобутому під час забезпечення регулятивного нагляду за системами управління безпекою у залізничній галузі. Правила встановлюють мінімальні вимоги до СУБ, які компанія повинна розробити та впровадити з метою досягнення найвищого рівня безпеки під час організації залізничних перевезень.

Сфера застосування Правил поділяється на три категорії компаній (залізничні компанії; місцеві залізничні компанії по головних коліях; місцеві залізничні компанії

по не головних (під'їзних) коліях) з відповідним переліком процесів, які вони повинні розробити та впровадити.

Для федеральних залізничних компаній згідно з Правилами, необхідним є розробка та створення системи управління безпекою, яка включатиме 12-ть процесів:

1) процес підзвітності: призначити керівника, відповідального за операції та діяльність компанії, який відповідатиме за те, наскільки компанія відповідає нормативним вимогам щодо СУБ, у тому числі за ефективність у досягненні найвищого рівня безпеки під час організації залізничних перевезень;

2) процес стосовно політики безпеки: створити політику, яка відображає зобов'язання компанії сприяти безпеці на залізниці;

3) процес забезпечення відповідності нормативним актам, правилам та іншим інструментам: створити основу для визначення юридичних зобов'язань, моніторингу змін до них і перевірки їх дотримання;

4) процес управління залізничними подіями: встановити процедури звітування та перегляду залізничних подій;

5) процес виявлення проблем безпеки: проведення аналізу для виявлення проблем безпеки, включаючи тенденції або повторювані ситуації;

6) процес оцінки ризику: проводити оцінку ризику для виявлення ризиків і необхідних заходів для їх усунення;

7) процес реалізації та оцінки коригувальних дій: переконатися, що коригувальні дії для ідентифікації ризику впроваджені та що ефективність дій буде відповідно оцінена;

8) процес встановлення цілей та розробки ініціатив: для кожного календарного року встановлювати цілі та розробляти відповідні ініціативи для досягнення цих цілей;

9) процес звітування про порушення та загрози безпеці: створити структуру для працівників, щоб повідомляти про порушення та загрози безпеці;

10) процес управління знаннями: щоб гарантувати, що працівники мають необхідні знання, навички та кваліфікацію, необхідні для виконання своїх обов'язків і відповідно забезпечення безпечної діяльності;

11) процес щодо складання графіків: застосовувати принципи науки про втому під час планування роботи працівників, які працюють за певним графіком;

12) процес постійного вдосконалення СУБ: проведення внутрішнього моніторингу та аудиту для моніторингу та оцінки впровадження та ефективності СУБ.

Управління безпекою на залізницях США здійснює Федеральна залізнична адміністрація (The Federal Railroad Administration (FRA)), яка була створена у відповідності з Законом Департаменту транспорту 1966 року [14]. Адміністрація виконує свої регулятивні та інспекційні обов'язки через різноманітний штат експертів із безпеки залізниці. Штат включає майже 400 федеральних інспекторів безпеки, які спеціалізуються в одній із шести технічних дисциплін, зосереджених на дотриманні та забезпеченні:

- перетину (переїзду) залізничної колії;
- роботи з небезпечними матеріалами;
- тягового рухомого складу та обладнання;
- техніки експлуатації;
- управління сигналами та рухом поїздів;
- колії.

Метою СУБ США є підвищення безпеки на залізниці за допомогою структурованих, проактивних процесів і процедур, розроблених і впроваджених працівниками залізниць, які:

- забезпечують управління ризиками та надають методи для оцінки та реагування на всі проблеми (порушення безпеки);
- включають проактивні методи управління небезпекою, які забезпечують постійне підвищення безпеки;
- забезпечують визначення та дотримання застосованих федеральних, державних і місцевих правил та вимог безпеки;
- формують філософію безпеки залізниці та культивують міцну культуру безпеки від найвищого керівництва на всіх рівнях організації.

Метою СУБ ЄС є забезпечення того, щоб залізнична галузь контролювала ризики, які виникають внаслідок реалізації бізнес-цілей, і дотримувалася всіх зобов'язань щодо безпеки, які до них застосовуються. Прийняття структурованого підходу в СУБ ЄС дозволяє ідентифікувати небезпеки та постійно керувати ризиками, пов'язаними з організацією залізничних перевезень з метою запобігання нещасним випадкам. Цей підхід враховує спільні ризики на інтерфейсах з різними учасниками залізничної системи (переважно залізничними підприємствами, операторами інфраструктури та організаціями, відповідальними за технічне обслуговування, а також будь-які інші суб'єкти, які мають потенційний вплив на безпечну роботу залізничної системи, такі як перевізники, вантажовідправники, вантажоодержувачі, пасажери та інші люди, які взаємодіють із залізничною системою тощо).

В системі управління безпекою на залізничному транспорті Європи [18] застосована концепція PDCA («Plan-Do-Check-Act» – «Плануй-Виконуй-Перевірй-Дій»), що відображає функціональні зв'язки між основними елементами СУБ на європейських залізницях:

1) планування: визначення ризиків та можливостей, встановлення цілей безпеки та визначення процесів та заходів, необхідних для досягнення результатів відповідно до політики безпеки організації;

2) експлуатація: розробка, впровадження та застосування процесів та заходів відповідно до плану;

3) оцінка ефективності: моніторинг та оцінка реалізованої ефективності впроваджених процесів і заходів щодо цілей і планування та звіт про результати;

4) покращення: вжиття заходів для постійного вдосконалення системи управління безпекою та показників безпеки для досягнення запланованих результатів.

Відділ безпеки залізничного транспорту Південної Кореї (RSD – The Rail Safety Division), що безпосередньо підпорядковується органу безпеки на транспорті уряду Південної Кореї – The Korea Transportation Safety Authority, виконує такі завдання, як: тестування для схвалення системи безпеки залізничного транспорту, огляд комплексної експлуатації пілотної залізниці, управління кваліфікацією працівників

залізничної галузі, поширення знань з безпеки залізничного транспорту, комплексне управління інформацією щодо безпеки залізничного транспорту, діагностика безпеки залізничних споруд, а також оцінка безпеки та зручності залізничних станцій.

Основними завданнями RSD є [19]:

1) випробування для затвердження системи безпеки залізничного транспорту (встановлення відповідності системи управління безпекою оператора критеріям управління безпекою відповідно до Закону про безпеку на залізниці);

2) огляд комплексної експлуатації пілотної залізниці (визначення чи потребують вдосконалення технічні стандарти безпеки транспортних засобів та колії, а також відповідність підготовки до нормальної експлуатації на основі комплексної пілотної експлуатації нової або вдосконаленої залізничної системи для забезпечення безпечного відкриття системи);

3) атестація організацій технічного огляду вагонів (відповідність критеріїв сертифікації організації з технічного обслуговування залізничних вагонів та аутсорсинг встановлення стандарту експлуатації організації з технічного обслуговування залізничних вагонів);

4) комплексне управління інформацією про безпеку залізничного транспорту (ефективна реалізація політики безпеки залізничного транспорту та надання інформації залізничним операторам);

5) створення інформаційної системи управління історією вагонів (контроль усього життєвого циклу залізничного вагона від його виробництва та експлуатації до виведення з експлуатації);

6) поширення знань з безпеки на залізниці (сприяння обізнаності громадян і залізничників щодо безпеки на залізниці);

7) керівництво кваліфікаційними перевітками працівників залізничного транспорту (система кваліфікації залізничного контролю з метою вибіркової підготовки залізничних інженерів та залізничних диспетчерів із відмінними якостями з метою запобігання нещасним випадкам, спричиненим помилками людини);

8) діагностика безпеки залізничного господарства (усунення факторів ризику, які можуть виникнути в процесі доступу до залізничних послуг, експлуатації

залізничних засобів та сполучення з іншими видами транспорту з точки зору користувачів залізницею, одночасно забезпечуючи зручність для користувачів);

9) оцінка безпеки та зручності залізничних станцій (здійснюється для забезпечення безпеки користувачів залізничних станцій і покращення простоти та зручності їх використання);

10) оцінка рівня контролю безпеки залізничного транспорту (з метою привести до добровільного підвищення безпеки таких сторін, як залізничні оператори).

Як було зазначено раніше, для забезпечення безпеки на українських залізницях діє СУБР [2].

Ключовою складовою для побудови СУБР на підприємстві є служба з безпеки руху. Підприємство утворює службу з безпеки руху, яка безпосередньо підпорядковується керівнику підприємства або його заступнику, відповідальному за безпеку руху, та не може перебувати в підпорядкуванні керівників філій, відділень чи структурних підрозділів підприємства.

До завдань служби з безпеки руху належать:

- розроблення, впровадження та забезпечення функціонування СУБР на підприємстві;
- визначення порядку базової підготовки з навчання безпеки руху персоналу підприємства;
- документування інформації;
- складання звітності з питань безпеки руху;
- здійснення превентивних заходів щодо запобігання виникненню транспортних подій на підприємстві;
- обмін інформацією щодо безпеки руху між підрозділами підприємства;
- розроблення та контроль заходів щодо досягнення загальних показників безпеки для підтримання та покращення рівня безпеки, а також виконання планів та процедур щодо їх досягнення;
- здійснення внутрішнього аудиту з питань безпеки руху.

На підприємстві може утворюватися наглядова рада з безпеки руху (далі – наглядова рада) як орган найвищого рівня з питань безпеки руху, яку очолює вища

посадова особа підприємства та комісія з безпеки руху як органи вищого рівня з питань безпеки руху, яку очолює керівник з безпеки руху.

СУБР на підприємстві складається зокрема з таких складових:

- політики безпеки руху;
- процедур ідентифікації небезпечних факторів або загроз, оцінювання ризиків, управління ризиками;
- загальних показників безпеки руху;
- процедур щодо виконання чинних, нових і змінених технічних та операційних норм законодавства або стандартів;
- програм та порядку навчання персоналу підприємства з питань безпеки руху для забезпечення компетентності персоналу підприємства;
- заходів щодо обміну інформацією;
- порядку документування інформації;
- процедури обов'язкової звітності та розслідування транспортних подій;
- внутрішнього аудиту з безпеки руху.

Реалізація СУБР зазвичай здійснюється чотирма етапами [2]:

1) під час першого етапу реалізації СУБР підприємство досягає таких цілей:

- визначає керівника з безпеки руху;
- утворює наглядову раду та комісію з безпеки руху (за необхідності);
- утворює службу з безпеки руху;
- розробляє, затверджує та доводить до відома персоналу підприємства політику безпеки руху та встановлює графік її перегляду;
- розробляє та впроваджує процедури обміну інформацією;
- розробляє та впроваджує порядок документування інформації;
- складає проєкт бюджету, необхідного для реалізації СУБР підприємства;
- розробляє засоби пропаганди безпеки руху на підприємстві (листівки, стінгазети, розсилка електронною поштою, створення окремого розділу на вебсайті підприємства тощо);

2) під час другого етапу реалізації СУБР підприємство досягає таких цілей:

- здійснює процедури ідентифікації небезпечних факторів або загроз, оцінювання ризиків, управління ризиками та їх документування;

- проводить підготовку персоналу підприємства з питань виконання плану реалізації СУБР та процедур ідентифікації небезпечних факторів або загроз, оцінювання ризиків, управління ризиками, визначення заходів безпеки руху та їх документування;

- визначає внутрішні та зовнішні джерела ідентифікації небезпечних факторів або загроз;

- розробляє матрицю прийнятності ризиків.

3) під час третього етапу реалізації СУБР підприємство досягає таких цілей:

- затверджує матрицю прийнятності ризику відповідно до масштабів підприємства та ознайомлює з нею персонал підприємства;

- завершує підготовку персоналу підприємства з питань безпеки руху;

- розробляє та впроваджує показники підприємства для підтримання та покращення безпеки руху, а також плани та процедури щодо їх досягнення;

4) під час четвертого етапу реалізації СУБР підприємство досягає таких цілей:

- здійснює аналіз ефективності впровадження планів та процедур щодо досягнення показників підприємства для підтримання та покращення безпеки руху;

- розробляє внутрішній механізм оцінювання ефективності СУБР підприємства;

- впроваджує процедури службового розслідування транспортних подій;

- впроваджує процедури внутрішнього аудиту.

1.4 Аналіз теоретичних підходів до оцінки стану безпеки руху на залізничному транспорті з метою управління

Безпека руху – це стан процесу (системи) руху залізничного рухомого складу, самого залізничного рухомого складу та об'єктів залізничної інфраструктури під час їх експлуатації, при якому ризик виникнення залізничних транспортних подій та їх

наслідків не перевищує гранично допустимого рівня, а також забезпечується захищеність життя і здоров'я громадян, навколишнього природного середовища, майна фізичних або юридичних осіб від наслідків таких подій. Тобто безпека є ключовою складовою транспортних технологій на залізничному транспорті.

Дослідженням та розвитком транспортних технологій на залізничному транспорті займаються такі українські вчені: Нагорний Є.В., Огар О. М., Долаберидзе О.М., Мироненко В.К., Прохорченко А.В., Огороков А.М., Бутко Т.В., Ломотько М.Д., Чернецька-Білецька Н.Б., Стрелко О.Г., Лаврухін О.В., Габа В.В., Щербина Р.С., Шраменко Н.Ю., Вернигора Р.В., Васілова Г.С., Молчанов В.М., Юрченко О.Г., Мацюк В.І., Дорош А.С., Малашкін В.В. та багато інших.

Безпеці руху на залізничному транспорті присвячена значна кількість наукових праць як за кордоном, так і в Україні. Серед науковців, які досліджували та вирішували проблеми безпеки руху на залізничному транспорті, формуючи тим самим теорію безпеки руху, найвизначніший вклад належить Блохіну Є.П., Брусенцову В.Г., Гаврилову Е.В., Горобцю В.Л., Друзю В.А., Лісенкову В.М., Самсонкіну В.М, Соколову О.Й., Соколу Є.М., Сотнику В.О. В цілому дослідженням питання безпеки руху на залізничному транспорті та можливих шляхів її підвищення присвячені праці таких науковців: Котенко А.М., Бойнік А.Б., Возняк О.М., Євдомаха Г.В., Козаченко Д.М., Бех П.В., Ключев С.О., Горобченко О.М., Розсоха О.В., Болжеларський Я.В., Булах М.О., Боднар Б.Є., Босов А.А., Капіца М.І., Тартаковський Е.Д., Баль О.М. та багато інших вчених. Серед іноземних вчених слід виділити: Petersen D., Bureika G., Flammini F., El Cadi, Heinrich H.W., Chen-Yu Lin, Ping Zhuang Lee, Zhang H., Jасуна M., Żurkowski A. та багато інших.

Аналіз безпеки руху поїздів проводиться з метою отримання даних про рівень фактичної або прогнозованої безпеки руху поїздів. Ці дані необхідні для сертифікації транспортних послуг та технічних засобів для оцінки достатності заходів забезпечення нормативного рівня безпеки, мінімізації ресурсів, у т.ч. для обґрунтування пріоритетів під час розподілу ресурсів.

Аналіз безпеки руху проводиться на всіх етапах життєвого циклу технічного засобу – від складання технічного завдання на його розробку до виготовлення та

експлуатації. Процедура аналізу включає такі основні етапи: визначення галузі аналізу; ідентифікація небезпечних дестабілізуючих факторів; частотний аналіз небезпечних дестабілізуючих факторів; ідентифікація небезпечних станів процесу руху; частотний аналіз небезпечних станів; ідентифікація вражаючих чинників, що виникають при небезпечних станах; частотний аналіз вражаючих факторів; ідентифікація видів та розмірів втрат від вражаючих факторів; частотний аналіз втрат від вражаючих факторів; розрахунок показників ризиків конкретних видів збитків; розрахунок показників ризиків збитків; розрахунок показників безпеки руху; документування; перевірка результатів аналізу; нагляд за перебігом аналізу. Аналогічні етапи має містити процедура аналізу безпеки руху з урахуванням помилок персоналу залізниць.

Усі методи аналізу безпеки руху поділяються на три групи: апостеріорні, апріорні та баєсовські. Апостеріорні методи аналізу засновані на використанні даних, отриманих експериментальним шляхом; при апріорних методах використовуються дані, отримані в результаті суджень, висловлювань експертів; у разі застосування баєсівських методів є можливість використання всієї інформації.

Апостеріорний аналіз спирається на дані, одержані під час визначальних випробувань. Оскільки на залізничному транспорті в процесі експлуатації знаходяться сотні та тисячі пристроїв одного й того самого призначення, доцільно при аналізі безпеки руху поїздів отримувати необхідні статистичні дані внаслідок експлуатаційних визначальних випробувань. У процесі випробувань фіксуються такі дані: шифр та заводський номер технічного засобу; шифр та заводський номер об'єкта випробувань (функціонального вузла); вид небезпечної відмови; причина небезпечної відмови; початок випробування об'єкта; час виникнення небезпечної відмови; час безпечної роботи; відмітні ознаки небезпечної відмови; параметри довкілля; параметри режиму роботи об'єкта; параметри процесу технічного обслуговування об'єкта; параметри процесів різних видів ремонтів; вид небезпечного стану руху; види та кількості втрат; обсяги збитків.

Інформація, що використовується при апріорному аналізі, може бути представлена у вигляді закону розподілу часу безпечної роботи елемента або системи

в цілому про значення параметрів цього закону розподілу, про вид та параметри моделі процесу, що призводить до появи небезпечної відмови певного виду, про причину краху тощо. Необхідність використання апріорної інформації виникає, коли є недостатньо повні або достовірні статистичні дані про аналізоване явище. Ступінь впливу на безпеку руху соціальних факторів, таких як війна, страйк, криміногенна обстановка тощо, можна оцінити експертним шляхом.

Баєсовський метод аналізу ґрунтується на застосуванні теореми Баєса, званої також теоремою гіпотез. Ця теорема дозволяє використовувати досягнення більш високої достовірності результатів аналізу таких даних як апостеріорна інформація, отримана в результаті певного експерименту, і апріорна, відому до його проведення. Сукупність принципів та ідей застосування теореми Баєса для вирішення завдань аналізу і утворює методичну основу баєсівських методів аналізу безпеки руху.

Узагальнюючи наведену вище інформацію, можемо сформулювати цілі аналізу безпеки руху:

- оцінка рівня безпеки руху в минулому періоді та визначення тенденції його зміни порівняно з попередніми періодами;
- виявлення небезпечних факторів, що загрожують безпеці руху, та рівня ризиків виявлених небезпечних факторів;
- оцінка рівня професійної підготовки персоналу;
- виявлення неправильних чи нераціональних методів експлуатації рухомого складу та інших засобів;
- уточнення допустимих умов експлуатації та виявлення експлуатаційних недоліків;
- оцінка ефективності заходів, що проводилися у звітному періоді та які спрямовані на підвищення рівня безпеки руху;
- розробка рекомендацій для планування заходів щодо забезпечення та підвищення рівня безпеки руху.

Отже, під час проведення аналізу визначаються тенденції зміни тих чи інших показників проти аналогічних за звітними періодами. Визначаються причинно-

наслідкові зв'язки порушень і відмов технічних засобів, що відбулися в залежності від:

- типу виконуваних робіт;
- ступеня небезпеки порушень і відмов технічних засобів, що виникають;
- причин виникнення порушень та відмов технічних засобів;
- наслідків безпеки руху;
- етапів експлуатації;
- особливостей експлуатації рухомого складу і т.д.

Аналіз повинен проводитися з позицій системного підходу таким чином, щоб вивчити властивості функціонування окремих процесів системи та їх взаємодії з іншими процесами системи та позасистемними процесами, явищами, умовами, які становлять загрозу для забезпечення заданого рівня безпеки руху.

На підставі проведеного аналізу формуються загальні висновки про стан безпеки руху у звітний період, а також про досягнутий рівень безпеки руху по всьому процесу, що впливає на безпеку руху:

- визначаються найімовірніші причини зміни рівня безпеки руху;
- проводиться оцінка ефективності вжитих заходів за попередній звітний період;
- зазначаються тенденції зміни показників безпеки руху.

Для проведення аналізу стану безпеки руху використовуються статистичні показники (інформаційні індикатори) процесів, які поділяються на абсолютні та відносні, а також комплексний показник безпеки руху. Основою визначення показників безпеки руху є статистичні дані, визначені за кожний аналізований період.

Абсолютні показники безпеки руху враховують абсолютні значення порушень, що відбулися. Дані показники можуть бути визначені як для дороги загалом, так і для конкретних дистанцій, процесів, підрозділів тощо. Абсолютні статистичні показники безпеки руху поділяються на:

- загальні абсолютні статистичні показники – загальна кількість порушень (аварії, транспортні пригоди) та відмов технічних засобів за аналізований період;

– приватні абсолютні статистичні показники – кількість порушень та відмов технічних засобів за одним або декількома показниками.

Відносні статистичні показники безпеки руху визначаються як ставлення абсолютних статистичних показників до базисного показника процесу, господарства чи структурного підрозділу у звітний період. Приклади базисних показників процесу, господарства чи структурного підрозділу у звітний період:

- загальна кількість поїздо-кілометрів;
- загальна кількість поїздо-кілометрів бруто;
- загальна кількість кілометрів колії;
- загальна кількість вагоно-кілометрів;
- загальна кількість локомотиво-кілометрів тощо.

Відносні статистичні показники безпеки руху є більш універсальними критеріями оцінки стану безпеки, які поділяються на:

а) загальні відносні статистичні показники безпеки руху – середній базисний показник на одне порушення або відмову технічних засобів (далі – відмова) за аналізований (звітний) період, що відбулося на дорозі, у процесі чи господарстві;

б) приватні відносні статистичні показники безпеки – середній базисний показник на одне порушення чи відмову, що відбулося з конкретної причини; одне порушення чи відмова, що відбулося на конкретній ділянці колії тощо.

Крім визначення абсолютних і відносних статистичних показників безпеки руху для оцінки стану безпеки руху, а, отже, і його рівня, може застосовуватися комплексний показник безпеки руху, що є середньозваженим відносним статистичним показником кількості особливих подій.

Комплексний показник безпеки руху розраховується для кожної групи процесів, кожного господарства, дирекції та доріг (далі – група процесів).

На основі проведеного аналізу безпеки руху має бути складений звіт з оцінки та аналізу процесів, що впливають на безпеку руху, який повинен документально обґрунтувати рівень безпеки руху процесу, що розглядається.

Звіт з оцінки та аналізу стану безпеки руху повинен містити:

- статистичні дані основних показників безпеки руху за звітний період порівняно з аналогічними показниками за попередній період;
- визначення тенденцій зміни показників безпеки руху за звітний період порівняно з аналогічними показниками за попередній період;
- розкриття основних причин (небезпечних факторів), що призвели до небажаних подій;
- аналіз небезпечних факторів, виявлених у звітному періоді;
- аналіз порушень, виявлених під час проведення перевірок, аудитів процесів та заходів щодо їх усунення;
- оцінку ефективності заходів, що проводилися з метою підвищення рівня безпеки руху у звітний період та запобіганні виявлених небезпечних факторів;
- висновки із аналізу стану безпеки руху за звітний період;
- рекомендації з безпеки руху, спрямовані на запобігання повторенню небажаних подій, що були, і на прояв виявлених небезпечних факторів;
- опис найхарактерніших небажаних подій.

Розглянемо докладніше основні аналітичні методи та засоби необхідні для проведення аналізу та оцінки показників безпеки руху.

1.4.1 Особливості статистичного підходу у сфері управління

Багато аналітичних методів та засобів, що використовуються при проведенні аналізу аспектів безпеки, засновані на статистичних процедурах та концепціях; наприклад, під час аналізу ризику застосовуються концепції статистичної ймовірності. Статистика відіграє важливу роль у процесі аналізу аспектів безпеки, допомагаючи отримати кількісну оцінку ситуацій і тим самим цифрові значення, що відображають суть проблеми. Це забезпечує більш надійні результати для отримання переконливих аргументів з питань безпеки.

Той тип аналізу аспектів безпеки руху, що проводиться на рівні системи управління безпекою, потребує базових навичок аналізу цифрових даних, виявлення

тенденцій та виконання основних статистичних розрахунків. Статистичні методи також є придатними для графічного представлення результатів аналізів.

Хоча статистика є дієвим інструментом для цілей аналізу аспектів безпеки руху, вона може бути неправильно використана і як наслідок може призвести до помилкових висновків. Тому для гарантії належного застосування більш складних методів може бути потрібна допомога фахівців у галузі статистичного аналізу.

а) Статистичні показники безпеки руху ілюструють досягнення в галузі безпеки руху в історичному розрізі; вони дозволяють отримати «миттєвий знімок» минулих подій. Зображувані в цифровій чи графічній формі, вони забезпечують просте і легкозрозуміле уявлення про рівень безпеки руху у тому чи іншому процесі як числа чи частоти негативних подій, інцидентів чи людських жертв протягом певного періоду часу. На найвищому рівні це може бути кількість подій із людськими жертвами за останні 10 років. На нижчому (конкретнішому) рівні показники безпеки руху можуть включати такі чинники, як частота певних технічних подій.

Статистичні показники безпеки руху можуть бути націлені на конкретні аспекти діяльності організації, щоб відстежувати результати, досягнуті в галузі безпеки руху, або на виявлення областей, що становлять інтерес. Такий підхід надає допомогу у проведенні аналізу тенденцій, виявленні небезпечних чинників, здійсненні оцінки ризику, і навіть під час виборів заходів контролю ризику.

б) Аналіз тенденцій. Шляхом відстеження тенденцій у даних безпеки руху можна передбачити майбутні події. Виникаючі тенденції можуть свідчити про зародження джерел небезпеки. Для оцінки важливості помічених тенденцій можна використовувати статистичні способи. Можна визначити верхні та нижні межі прийнятних характеристик та порівнювати з ними поточні показники. Аналіз тенденцій можна застосовувати для попередження, коли характеристики близькі до виходу за прийнятні діапазони.

в) Порівняння з нормативами. Можливі ситуації, коли відсутні достатні дані для забезпечення фактичної основи, яка б дозволила провести порівняння обставин подій чи ситуацій з повсякденними умовами.

Відсутність надійних нормативних даних найчастіше ставить під сумнів корисність аналізу аспектів безпеки руху. В такому випадку може виникнути необхідність звернення до реального світового досвіду, де є аналогічні експлуатаційні умови.

г) Моделювання та випробування. У ряді випадків приховані небезпечні фактори можуть виявитися під час випробувань; наприклад, для аналізу матеріальних дефектів можуть знадобитися лабораторні випробування. У разі підозрілих експлуатаційних процедур може знадобитися моделювання на місцях у реальних експлуатаційних умовах або на тренажері.

д) Групи експертів. З урахуванням різноманітного характеру небезпечних факторів та різних можливих підходів до оцінки тієї чи іншої небезпечної умови необхідно брати до уваги точки зору інших людей, включаючи колег та фахівців. У питаннях визначення найкращих коригуючих дій може також допомогти багатопрофільна група, сформована для оцінки свідчень небезпечних умов.

ж) Аналіз витрат та вигод. Вживання рекомендованих заходів контролю факторів ризику може залежати від надійності аналізів витрат та вигод. Витрати реалізації запропонованих заходів порівнюються з вигодами, які передбачається отримати протягом певного часу.

На основі проведеного дослідження питання оцінки та аналізу безпеки на залізничному транспорті, проаналізуємо сучасні наукові дослідження з питань забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті та методів і підходів до оцінки її стану.

Питанню підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту шляхом комплексної оцінки стану безпеки руху присвячена робота [21], де були розглянуті діючі методи оцінки безпеки руху та визначені напрямки їх удосконалення. На основі проведеного дослідження встановлено, що існуючі наукові підходи щодо визначення рівня безпеки спрямовані на отримання результату за окремою групою показників. Аналіз стану безпеки руху поїздів на всіх рівнях структури залізничного транспорту України проводиться на підставі абсолютних та питомих показників. В той же час при наявності цілого ряду показників комплексно

оцінити стан з безпеки руху на мережі залізниць неможливо, особливо, коли на ряді залізничних станцій за певний період не скоєно транспортних подій [21]. Виходячи з чого, автором формалізована необхідність розробки нових підходів до управління безпекою руху поїздів з урахуванням комплексного підходу.

Вважається загальноприйнятим, що абсолютної безпеки в транспортних системах не існує. Саме тому, можна говорити лише про відносну безпеку, тобто про рівень безпеки. Виходячи з чого доцільним є аналіз сучасних наукових підходів до оцінки рівня безпеки на залізничному транспорті.

Питання необхідності розробки методики комплексної оцінки рівня транспортної безпеки, в т.ч. на залізничному транспорті, досліджувалось в роботі [22]. Автори зазначають, що для комплексної оцінки рівня безпеки відсутні необхідні науково-технічні та інструментальні механізми, оскільки вищезазначене завдання носить переважно якісний характер, є слабо формалізованим, має значну невизначеність у змісті вихідних даних та процедурі їх обробки. У цьому випадку, на думку автора, доцільно використовувати теорії нечітких множин, що є узагальненням класичної теорії множин, у тому числі на випадок різноманітних фізичних, лінгвістичних та інших невизначеностей. На підставі використання теорії нечітких множин у контексті комплексної оцінки рівня безпеки будуть реалізовані такі завдання – рисунок 1.7.

Що стосується залізничного транспорту, для реалізації 2-го завдання автор виділяє такі типи об'єктів: залізничні тунелі, залізничні мости, залізничні перегони, залізничні вокзали (станції).

Таким чином, на підставі проведеного дослідження, оцінка рівня безпеки з використанням запропонованої методики може стати базою для розробки довгострокових, середньострокових та короткострокових цільових програм, планів, а також для прийняття рішень щодо запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій на транспорті, в т.ч. на залізничному.

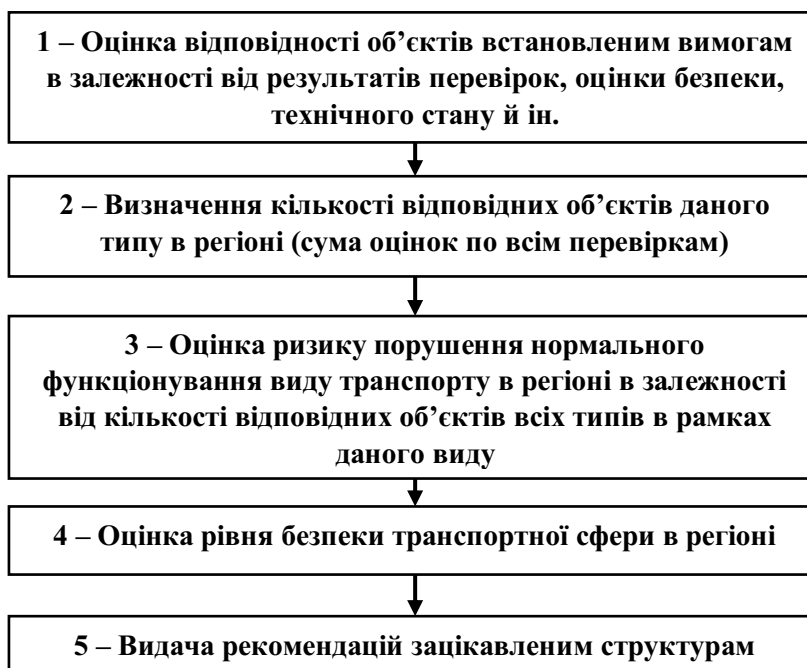


Рисунок 1.7 – Завдання комплексної оцінки рівня безпеки [22]

Однією з цілей дисертаційного дослідження [23] стала розробка методів, що забезпечують уніфікацію оцінки рівня безпеки для різних підприємств залізниці з метою підвищення якості та безпеки перевезень. У роботі обґрунтовано необхідність використання єдиної класифікації факторів, що впливають на появу певного виду транспортної пригоди для всіх господарств залізниці за такими групами: «Тополого-технологічні», «Вплив довкілля», «Несправності технічних засобів», «Вплив обслуговуючого персоналу», «Вплив зовнішніх факторів» та «Наявність транспортних пригод відповідного виду за попередній період (півріччя)». Виділеним факторам надаються ранги (рейтинги) ступеня їхнього впливу на появу транспортної події. Для визначення рангу впливу використано метод FMEA-аналізу, який забезпечує теоретичне обґрунтування правил присвоєння рейтингу.

Оскільки практично неможливо забезпечити абсолютну безпеку перевезень, необхідно визначати рівні гранично допустимих та поточних значень безпеки. У зв'язку з цим у роботі авторами було запропоновано використовувати коефіцієнт, що враховує тяжкість наслідків порушень безпеки руху. При визначенні значення коефіцієнта рекомендовано використовувати методику FMEA-аналізу та принцип

Парето. Зазначені вище методи лягли в основу уніфікованої методики визначення оцінки рівня безпеки перевезень для різних господарств залізничного транспорту, які є механізмом підвищення якості та безпеки перевезень, оскільки вони дозволяють отримати об'єктивну картину проблем безпеки та якості перевезень, а також визначити прийнятний для конкретної техніко-економічної ситуації рівень безпеки, при якому досягається баланс між витратами на забезпечення необхідної якості перевезень, підтримання заданого рівня безпеки та збитками від порушення вимог безпеки руху. Наприкінці автор підкреслює переваги практичного застосування розробленої уніфікованої методики:

- забезпечення безперервного моніторингу та якісного аналізу системи управління безпекою перевезень;
- оперативне прийняття управлінських рішень, адекватне оцінювання їх економічних, соціальних та екологічних наслідків.

Досліджуючи питання забезпечення безпеки руху, варто зазначити про концепцію безпеки Д. Петерсона, основою якої є дослідження та профілактика нещасних випадків та аварій. Дана концепція також розглянута авторами монографії [27], та включає 10 принципів, коротка характеристика яких наведена нижче.

Принцип 1. Небезпечна дія, небезпечний стан та аварія – все це симптоми чогось неправильного в системі управління.

Зв'язки виробництва, проблеми з контролем якості, надмірні витрати, скарги клієнтів та відмови продукції мають ті самі причини, що й нещасні випадки. Усунення причин однієї організаційної проблеми усуне причини інших. В даному випадку розглядаються аварії як симптоми того, що у системі щось не так. Потім необхідно визначити, що не так в організаційній системі, що дозволяє вчинити небезпечну дію та створити небезпечний стан. Функція фахівця з безпеки аналогічна до функції лікаря, який діагностує симптоми, щоб визначити причини, а потім лікує ці причини або пропонує відповідне лікування.

Принцип 2. Існує можливість передбачити, що певні збіги обставин призведуть до серйозних травм. Ці обставини можна ідентифікувати та контролювати.

Цей принцип свідчить, що можна прогнозувати серйозність нещасних випадків за певних умов і таким чином звертати увагу на серйозність як таку, а не просто сподіватися зменшити її за рахунок частоти перевірок. Статистика показує, що є лиш часткова можливість знизити серйозність, намагаючись контролювати частоту.

Низка досліджень показує, що тяжкі травми в певних ситуаціях цілком передбачувані. Деякі з цих ситуацій включають:

- незвичну, позапланову роботу;
- невиробничу діяльність;
- джерела високої енергії;
- певні будівельні ситуації;
- безліч підйомних ситуацій;
- ситуації повторюваного руху;
- психологічні стресові ситуації;
- вплив токсичних матеріалів.

Принцип 3. Безпекою слід керувати, як і будь-якою іншою функцією компанії. Керівник повинен спрямовувати зусилля щодо забезпечення безпеки, встановлюючи досяжні цілі та плануючи, організовуючи та контролюючи їх для їх досягнення. Можливо, цей принцип важливіший за решту. Він підтверджує думку про те, що безпека аналогічна якості, вартості та кількості продукції. Він також йде далі і вводить функцію керування у безпеку (або, точніше, безпеку у функцію керування). Функція управління зі свого визначення повинна включати безпеку, але на практиці цього не було. Керівництво занадто часто ухиляється від відповідальності, не йде попереду, а в кращому разі надає підтримку.

Принцип 3 полягає в тому, що безпека є та має бути лінійною функцією. Оскільки керівництво спрямовує зусилля шляхом постановки цілей, планування, організації та контролю, воно покладає відповідальність на лінійних керівників та надає їм повноваження досягти результатів. Слово «лінія» тут належить не тільки до наглядових органів першого рівня, але і до всіх наглядових органів рівня управління вище, ніж перший, навіть до вищого.

Принцип 4. Ключем до ефективного забезпечення безпеки лінії є процедури управління, що встановлюють відповідальність. Будь-який лінійний керівник досягне результатів у тих областях, в яких його оцінює керівництво. Концепція відповідальності важлива для цього виміру, і відсутність процедур встановлення відповідальності є найбільшим недоліком безпеки. Дана концепція багато років проповідує лінійну відповідальність. Якби цей час було витрачено на розробку показників для фіксації відповідальності лінійного керівництва, було б досягнуто скорочення статистики нещасних випадків.

Особа, яка притягується до відповідальності, бере на себе цю відповідальність. У більшості випадків той, хто не несе відповідальності, не бере на себе відповідальності – він або вона приділяє більше уваги тому, що вимагає керівництво: виробництву, якості, витратам або будь-якій іншій галузі, на яку керівництво нині чинить тиск.

Цей принцип є надзвичайно важливим для реалізації принципу 3. Принцип 4, по суті, змушує принцип 3 працювати.

Принцип 5. Функція безпеки полягає у виявленні та визначенні експлуатаційних помилок, що призводять до виникнення аварій (транспортних подій). Це може бути виконано двома способами: (1) задаючи питання, чому трапляються аварії – шукаючи їх першопричини і (2) задаючи питання про те, чи дійсно використовуються ефективні заходи контролю.

Друга частина принципу 5 передбачає двоєдину операцію: (1) відстеження симптому (дії, стану, нещасного випадку), щоб зрозуміти, чому йому було дозволено реалізуватися, та (2) розгляд системи (процедур) компанії для з'ясування факту переконаності в успішності заздалегідь розроблених дій.

Безпека – це не ресурс, не вплив, не процедура і точно не програма. Безпека – це стан розуму, атмосфера, яка має стати невід'ємною частиною кожної процедури, що проводиться у компанії. Це і є те, що маєтись на увазі під вбудованою чи інтегрованою безпекою. Це єдина якість безпеки, яка незмінно ефективна.

Оскільки будь-яка аварія, небезпечна дія чи небезпечний стан вказує на відмову системи, фахівець із безпеки повинен стати оцінювачем системи. Наступні розділи покликані допомогти у вирішенні цього завдання.

Принцип 6. Причини небезпечної поведінки можна виявити та класифікувати. Деякі з класифікацій це – перевантаження (невідповідність можливостей людини навантаженню); пастки; помилкове рішення працівника і т.п.. Причина – це те, що можна контролювати. Це передбачає, що завдання керівництва щодо безпеки полягає у виявленні та усуненні причин небезпечної поведінки, а не самої поведінки.

Другий і завжди присутній аспект та причина інциденту чи нещасного випадку – людська помилка. Людська помилка виникає в результаті однієї з трьох причин або їх комбінації: (1) перевантаження, яке визначається як невідповідність між продуктивністю робітників та навантаженням, яке покладається на них у даному стані; (2) помилкове рішення; (3) пастки для працівника на робочому місці.

Усе, що робиться для зменшення людських помилок і, отже, втрат, повністю залежить від сприйняття співробітниками культури організації.

Модель включає в себе це як основну передумову: культура – це ключ, або, сприйняття культури (яке за визначенням є культурою) – це те, що створює чи порушує безпеку – що змушує будь-який елемент процесу працювати чи зазнавати невдачі.

Принцип 7. Найчастіше небезпечна поведінка – це нормальна поведінка людини; це результат реакції нормальних людей на довкілля. Завдання керівництва – змінити середовище, що веде до небезпечної поведінки.

Принцип 8. При побудові ефективної системи безпеки необхідно враховувати три основні підсистеми: (1) фізична, (2) управлінська та (3) поведінкова.

Принцип 9. Система безпеки має відповідати культурі організації.

Принцип 10. Немає єдиного правильного способу досягнення безпеки в організації; однак, щоб система безпеки була ефективною, вона має відповідати критеріям: інтенсивність контролю; залучення менеджменту (управління) середньої ланки; вище керівництво повинно продемонструвати свою відданість; забезпечення участі співробітників; гнучкість; позитивне сприйняття.

На основі розглянутих принципів можемо визначити особливості даної концепції [27]:

– усуваючи причини одних організаційних проблем, можна так само усунути й інші проблеми за рахунок дослідження аварій таким чином, щоб виявити якомога більше факторів, які стали причиною виникнення аварії та ймовірних конкретно саме для цієї аварії;

– в сукупності події здатні вишикуватися в певну послідовність і призвести до катастрофи, виходячи з чого необхідно виявляти ці події (причини) до того, як замкнеться остання ланка ланцюга, щоб можна було передбачити тяжкість аварії в певних умовах і заздалегідь звернути увагу на можливість серйозної аварії;

– необхідно встановлювати яким чином сталася аварія, визначаючи при цьому основні причини, шляхом встановлення, чи діяв на цій ділянці будь-який вид контролю.

Робота [20] присвячена розробці методології вирішення проблем, які виникають у позаштатних та раптових надзвичайних ситуаціях на залізничному транспорті. Автором була запропонована методологія вирішення задач забезпечення безпеки на залізничному транспорті, яка базується на комплексі моделей і методів аналізу процесів виникнення нештатних ситуацій на складних об'єктах залізничного транспорту (ОЗТ) з використанням апарату теорії матриць. В основному задача аналізу і попередження надзвичайних ситуацій в рамках запропонованої методології полягає у визначенні матриць передування і досяжності для конкретного елемента ОЗТ, який в свою чергу може бути в близькому до відмови стані. Подальший аналіз матриці передування дає можливість визначити причини, які можуть викликати утворення надзвичайної ситуації, а аналіз матриці досяжності – тяжкість її наслідків. Також автором сформульована необхідність створення нової автоматизованої системи залізничної безпеки, що підвищить ефективність управління ризиком за рахунок реалізації наступних завдань:

– виявлення, аналіз і оцінка ризиків виникнення катастроф різного типу;

– визначення джерел уразливості та ризиків безпеки, що створюють ризик виникнення транспортних подій;

– формування динамічних моделей предметної області, що включає опис предметної області у формі, що придатна для її подальшого аналізу з метою прийняття рішень по ліквідації транспортних подій.

В розрізі аналізу сучасних методів до оцінки безпеки руху на залізничному транспорті варто охарактеризувати системний підхід.

Системний підхід – це розгляд об’єкту дослідження та його елементів як єдину систему у взаємодії та взаємозв’язку з середовищем.

За останні 10-15 років прийшло усвідомлення проблеми безпеки руху поїздів як взаємопов’язаної, можливості вирішення її на основі системного підходу, врахування людського чинника, використання досягнень комп’ютерної техніки. Даний теоретичний підхід, розроблений у працях В.М. Лісенкова, можна назвати «технократичним» [27]. В якості теоретичного підходу до оцінки безпеки залізничного транспорту, розробленого у працях В.М. Лісенкова, автор пропонує статистичну теорію безпеки руху поїздів, основою якої є метод «відповідальних технологічних процесів».

Структурна схема даної теорії наведена на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Структурна схема теоретичного підходу до безпечності руху поїздів В.М. Лісенкова [27]

Розроблений професором В. Самсонкіним та В. Друзем Метод статистичної закономірності (надалі МСЗ) є науковою методологією інформаційного забезпечення ефективних керівних рішень і профілактики в області безпеки руху поїздів на залізничному транспорті. Ця теорія заснована на статистичному підході до керування та є ефективним підходом з точки зору теорії управління складними системами [28].

Сутність даного методу полягає в комплексному аналізі та постійній актуалізації закономірностей поведінки залізничного транспорту як системи. Як керуючий параметр використовується інформація про порушення безпеки руху в поїзній та маневровій роботі.

Серед основних концептуальних положень МСЗ необхідним є визначення стану безпеки на основі поняття норми як функціонального оптимуму. В основі оцінки стану безпеки руху згідно з МСЗ лежить поняття толерантності (неоднозначності, розмитості) подій у людино-машинних системах та теорії функціональних систем. Кінцевий результат діяльності системи при багаторазовому досягненні має статистику, яка розподілена за законом Гауса [28]

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \text{ б/в.} \quad (1.1)$$

Відповідно до цієї формули значення математичного очікування (m) та середньоквадратичного відхилення (σ) повністю визначають розподіл. Точці, що відповідає нульовій напруженості у діяльності системи, відповідає нормальна крива з максимальним середнім квадратичним відхиленням ($\sigma_0 = \max \sigma$). У міру зростання напруженості дисперсія (а отже, і середнє квадратичне відхилення) зменшується. Напруженість стану системи розуміється як втома персоналу, знос технічних засобів, умови, що змінилися, напружений графік руху і т.д., які призводять до більш напруженого режиму роботи залізничного транспорту як системи загалом. Напруженість стану градується рівнем толерантності та характеризується своїм середнім квадратичним відхиленням. Таким чином, на основі значення дисперсії

розкиду параметра x навколо t згідно з формулою (1.1) можна судити про стан системи.

У дисертаційному дослідженні [26] автор розглядає два основні підходи до оцінки безпеки складних технічних систем, до яких належить і залізничний транспорт.

Перший підхід є аналізом аварії «з кінця в початок». Після визначення небезпечного стану системи (шкоди великого масштабу, негативної події) аналізуються першопричини (події, поєднання кількох подій), які приводять систему в даний небезпечний стан. У процесі аналізу будується логічна схема, що містить усі можливі поєднання подій (сценарії), що призводять до шкоди великого масштабу. За логічною схемою будується логічна функція, аргументами якої є події, які є вихідними, тобто присутніми у сценарії.

За допомогою другого підходу вирішується завдання пошуку шляхів переходу системи в небезпечний стан за умови виникнення будь-якої ініціюючої події (ІП), в т.ч. це є аналізом аварії «з початку в кінець». Практика аналізу безпеки складних об'єктів показала, що зручніше простежувати їхню реакцію на ІП, ніж визначати шляхи успішного розвитку подій [26]. Тому аналіз безпеки за допомогою другого підходу полягає у виявленні сценаріїв небезпечного функціонування системи, виникнення негативної події, яка може спричинити збитки великого масштабу. У зв'язку з таким методом вирішення завдання цей процес правильніше було б назвати процесом аналізу безпеки [26].

Після виявлення всіх сценаріїв можливих аварій будь-яким підходом (побудова функцій алгебри логіки – ФАЛ) проводиться оцінка ймовірності їх реалізації. Далі проводиться оцінка впливів факторів безпеки на об'єкти безпеки для кожного з можливих сценаріїв та всіх їх сукупності шляхом переведення ФАЛ у ІФ (імовірнісна функція), аргументами (змінними) якої є ймовірності подій, що входять до логічних схем (аргументи ФАЛ). Це найскладніший, з математичної точки зору, етап оцінки ризику. В кінці, підставляючи у ІФ значення ймовірностей, що входять до неї, обчислюється ймовірність виникнення кінцевої події. У результаті цей показник ймовірності прирівнюється з допустимим рівнем ризику і робиться висновок про

достатність вжитих заходів забезпечення безпеки. Якщо ці заходи є незадовільними, виявляються ті місця, які відповідають за високий рівень ризику. На основі чого формуються пропозиції щодо вдосконалення вжитих заходів та проводиться переоцінка рівня ризику.

Як вже було зазначено, важливою складовою в оцінці безпеки руху на залізничному транспорті є оцінка ризику, оскільки вирішення питання підвищення безпеки функціонування залізниць вимагає знання про його поточний стан та рівень надійності кожного з компонентів системи. Оцінка безпеки вимагає введення міри ризику, що визначається як міра ймовірності появи різного ступеня збитків (наслідків) через порушення у перевізному процесі. Також згідно з міжнародним стандартом ISO-8402 [10] визначення безпеки виражається через поняття ризик, а саме: «Безпека – стан, при якому ризик шкоди або шкода обмежені допустимим рівнем».

В даному підрозділі буде здійснений огляд проведених наукових досліджень з питань значення ризику в контексті оцінки безпеки на залізничному транспорті, а детальний аналіз методів та принципів оцінки ризику буде досліджено в другому розділі дисертаційної роботи.

Особливу увагу поняттю ризик у безпеці руху поїздів приділено у роботі [126]. Автори зазначають, що якісні методи аналізу ризиків дозволяють визначити джерела загроз безпеці руху, послідовність розвитку подій, шляхи запобігання аваріям та катастрофам. В результаті узагальнення існуючих методів аналізу ризиків авторами були визначені висловлювання щодо розрахунку та градації ризику у сфері безпеки руху стосовно залізниць Узбекистану на основі статистичних даних.

Для виявлення порушень безпеки руху поїздів, значення ризику яких приймає найбільше значення, була побудована діаграма Парето, де найбільший ризик від порушень безпеки руху припадає на сходи вантажних поїздів. Проведений аналіз причин порушень безпеки руху дозволив зробити висновок про недостатній рівень управління ризиками відмов технічних засобів та об'єктів інфраструктури на залізницях Узбекистану. Для підвищення безпеки руху та ефективності функціонування об'єктів інфраструктури узбекистанських залізниць авторами

сформульовано необхідність реалізації спеціальних програм щодо зниження ризиків. У свою чергу для ефективного управління ризиками потрібна спеціалізована нормативна та методична база, яка враховуватиме як оцінку ризиків, так і механізми фінансування заходів щодо їх зниження відповідно до інвестиційних пріоритетів.

Найбільш складним завданням під час розрахунку ризику є вибір моделі оцінки ймовірності появи небажаної події. Цій проблематиці присвячена робота [24]. Метою даного дослідження є формалізація аналітичного методу оцінки ймовірності переходу об'єкта залізничного транспорту в небезпечний стан, що обумовлено можливістю наочної демонстрації факторів, що враховуються в моделі оцінки ймовірності. Розроблена модель повинна забезпечити практичне застосування результатів оцінки для планування заходів з обробки ризиків. Так як процес зміни станів виробничої безпеки системи на залізничному транспорті з часом має випадковий характер, то функціонування системи описується авторами за допомогою моделі напівмарківського випадкового процесу у припущенні, що дискретний процес зміни станів описується вкладеним Марківським ланцюгом. Таким чином, безліч станів системи та зв'язку між ними представлені у вигляді орієнтованого графа станів, для якого визначено топологічні поняття. Для сформованої моделі доведено теорему визначення ймовірності переходу системи з початкового безпечного стану в небезпечний стан та наведено формулу розрахунку цієї ймовірності.

Реалізований у статті [24] графовий метод оцінки безпеки на об'єктах залізничного транспорту є основою практичної методики розрахунку і прогнозування ризиків порушення виробничої безпеки об'єктів.

В монографії [27] розглядається підхід до оцінювання безпечності перевезень та ризиків утрат, заснований на керівних вказівках з аналізу технологічних ризиків, які розроблені Технічним комітетом 56 «Надійність» Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК). Метою даної методики є кількісно визначити вірогідність переходу процесу руху за розрахунковий інтервал часу в один з можливих позаштатних небезпечних станів та можливі втрати. Розв'язання поставлених задач виконується через частотний аналіз позаштатних небезпечних станів, який у свою чергу використовує наступні три підходи:

- використання та оброблення статистичних початкових даних;
- розрахунок частоти подій за допомогою методів аналізу дерев подій або відмов (згідно стандарту МЕК 1025);
- застосування експертних оцінок.

Розглянута методика носить теоретичний характер, в ній не обумовлено процедуру, що дозволяє наявні дані статистичного обліку щодо порушень безпеки привести до частотних характеристик відмов за групами; також не показано принципи використання даної методики в управлінні безпекою.

У переліку публікацій, присвячених організаційному керуванню залізничними компаніями та їх структурними підрозділами, почали з'являтися дослідження щодо виявлення та управління ризиками. На жаль, немає єдиного трактування понять, немає спільних підходів, а вирішення проблеми знаходиться на початковому етапі.

У роботі [7] зазначено, що існуюча методика оцінки рівня безпеки на залізничному транспорті України не відображає реальний та адекватний стан безпеки залізничного руху. Рішенням зазначеної проблеми, на думку авторів, може стати розробка системи управління ризиками. В роботі представлені апостеріорне та апріорне значення ризику, які дозволяють охарактеризувати фактичну безпеку – реальний стан безпеки залізничного руху за досліджуваний період та прогнозовану безпеку залізничного руху. Однак запропонована в роботі система ризиків має узагальнюючий характер, де проаналізовані ризики об'єднуються в такі групи: загальні, локальні, технологічні та технічні ризики, що ускладнює визначення причин порушення безпеки руху.

Автори робіт [8, 12] зазначають про необхідність зниження існуючих рівнів ризиків та подальшої підтримки ризиків не вище встановленого рівня. Такий підхід сприяє прийняттю рішень, що враховують невизначеність умов, можливість настання певних подій чи обставин у майбутньому (запланованих чи ні), а також їх вплив на досягнення поставлених цілей організації у сфері функціональної безпеки об'єктів інфраструктури та рухомого складу. Проте в роботах відсутній розгляд питання збору вхідної інформації для забезпечення ефективної системи ризик-менеджменту.

В статті [35] авторами зазначено, що завдяки аналізу/оцінці ризику система управління безпекою забезпечує ідентифікацію небезпеки/ризиків та з відповідною системою управління ризиками здатна забезпечити безпечну та ефективну організацію залізничних перевезень. Проте в роботі відсутній конкретний опис інформації, що використовується для визначення ризиків.

У роботі [65] визначено ризик виникнення несприятливих подій як одну з головних проблем сучасного виробництва та головним критерієм реалізації безпеки. Запропоновано застосування ризик-менеджменту як перспективного напрямку у розвитку транспортних систем, що дасть змогу стабілізувати та підвищити ефективність їх діяльності. Відправним пунктом ефективного ризик-менеджменту в управлінні транспортними процесами на підприємстві є побудова дієвої системи управління ризиком. Однак на теперішній час майже відсутня інформація про ризик-менеджмент саме на залізничному транспорті.

Одним із прикладів успішного впровадження ризик-орієнтованого управління залізничним транспортом є Велика Британія. Офіс управління залізничним транспортом Великої Британії (The Office of Rail Regulation (ORR)) розробив підхід до регулювання діяльності залізниць, який зосереджується на визначених пріоритетах ризику, які регулярно переглядаються. При цьому зберігається здатність опрацьовувати дозволи й іншу документацію та проводити реактивні розслідування інцидентів. Успішність підходу пояснює те, що Велика Британія мала найнижчий коефіцієнт смертності на мільярд поїздо-км у Західній Європі [63]. Але система керування залізничним транспортом Великої Британії має суттєві відмінності від європейських та українських реалій, що робить цю ідею достатньо ексклюзивною.

Згідно з [18, 74, 113] управління ризиками має бути основою системи управління безпекою на залізничному транспорті ЄС. Прийняття структурованого підходу [18] в управлінні безпекою дозволяє ідентифікувати небезпеки та постійно керувати ризиками. Цей підхід враховує спільні ризики усіх учасників організації залізничних перевезень: залізничних підприємств, менеджерів інфраструктури та організацій, відповідальних за технічне обслуговування, та іншими учасниками, які потенційно можуть впливати на безпечну роботу залізничної системи. Ефективний

контроль ризику досягається за допомогою процесу, який об'єднує три критичні виміри: технічний компонент із використанням інструментів та обладнання, людський компонент із навчанням, навичками та мотивацією людей та організаційний компонент, що складається з процедур і методів, які визначають взаємозв'язок завдань. Однак розглянута робота характеризується масштабністю здійснення ризик-менеджменту на рівні управління транспортною компанією, у якій інші завдання та показники, ніж у служб залізниці.

Одним із прикладів успішного впровадження ризик-орієнтованого управління залізничним транспортом є Канада [17]. Тут забезпечується проактивний підхід до виявлення ризиків та усунення або пом'якшення (попередження) них. Але організація залізничних перевезень в Канаді має свою специфіку, що обумовлює необхідність проведення досліджень з врахуванням особливостей роботи українських залізниць.

Автор [96] підкреслює, що нині управління ризиками в залізничній галузі має фрагментарний та епізодичний характер, що обумовлює вагомість застосування системного підходу до управління ризиками, і відповідно потребу формування системи ризик-менеджменту на залізничному транспорті. Це надасть можливість задовольнити інтереси всіх учасників бізнес-відносин, удосконалити систему корпоративного управління та забезпечити прийняття більш виважених управлінських рішень. Однак в роботі представлена лише теоретична частина щодо управління ризиками на залізничному транспорті.

Польські залізничні перевізники користуються комплексною системою управління загрозами, яка здійснюється окремими модулями. Оцінка ризиків у системі здійснюється на основі аналізу режиму та наслідків відмов та матриці ймовірностей, тоді як підтримка прийняття рішень базується на аналітичному ієрархічному процесі. Таким чином, управління та оцінка ризиків згідно з [114] визначається як рекомендація щодо загальних методів безпеки в якості інструменту підтримки безпеки залізничного руху саме для умов польських залізниць.

У дослідженні [55] автори підкреслюють, що сьогодні немає єдиного розуміння сутності ризику, як і стандартної процедури застосування теорії ризиків. Запропоновано системний підхід до управління технологічною безпекою на

залізничному транспорті, який використовує статистику порушень безпеки як вхідної інформації. Його використання у прийнятті управлінських рішень дозволить системно оцінювати збої у перевізному процесі, сприймати порушення як прояв транспортного ризику та перейти від концепції пошуку винного до концепції виявлення та зменшення впливу ризиків у перевізному процесі. Однак в роботі відсутнє конкретне уявлення управлінського рішення для служб залізничного транспорту.

В [115] зазначено, що завдяки аналізу залізничного ризику можна підвищити рівень безпеки, забезпечити захист своїх основних фондів, клієнтів і співробітників, а також зменшити витрати на технічне обслуговування залізничних активів і вплив на навколишнє середовище. Але в проведеному дослідженні не враховуються особливості аналізу ризику в структурних підрозділах.

Робота [116] присвячена управлінню ризиками на залізниці в умовах експлуатації та технічного обслуговування. Авторами встановлено, що управління ризиками шляхом їх визначення та реалізації методів їх ліквідації зменшить кількість нещасних випадків, що, в свою чергу, підвищить рівень безпеки на залізничному транспорті. Однак ідентифікація ризиків в даному дослідженні проводиться тільки на основі технічних і нетехнічних характеристик.

В [117] основними складовими ефективного управління безпекою на залізниці є визначення і зменшення ризиків, відбір компетентних фахівців, регулярний моніторинг контролюючих дій та управління змінами. Але практичних рекомендацій щодо реалізації ризик-менеджменту в роботі не надано.

Основні вимоги щодо забезпечення в мікропроцесорних системах керування викладені у [117-120], розглянуто специфікації та здійснено демонстрацію надійності, доступності, ремонтпридатності та безпеки (RAMS – Reliability, availability, maintainability and safety). Роботи містять галузеві вказівки щодо загального процесу RAMS для мінімізації небезпек та лише надає допомогу в питаннях залізничної RAMS, управління загальними вимогами до залізничної RAMS, оцінки ризиків, стратегії зниження ризиків, специфікації вимог до залізничних RAMS, елементів залізничних RAMS, а також обґрунтування безпеки для загального процесу

забезпечення надійності та безпеки для залізничного транспорту. Крім того, у публікаціях не надано практичних рекомендацій щодо реалізації RAMS.

У [127] розглянуто керування та убезпечення руху поїздів, представлені різноманітні принципи організації поїзної роботи та вимоги до функціонування систем залізничної автоматики, а також відповідні технічні рішення на залізницях світу. Всі матеріали викладено лише в оглядовому обсязі без конкретних технічних особливостей.

Робота [121] присвячена принципам забезпечення безпеки та надійності функціонування систем залізничної автоматики та телемеханіки, розглянуті програмні та структурні методи підвищення безпеки, питання організації безпечного інтерфейсу з об'єктом управління. Наведено експлуатаційно-технічні вимоги до систем мікропроцесорних централізацій, характеристики та структура низки систем. Однак в даній роботі відсутні сучасні методи та технічні рішення щодо забезпечення роботоспроможного стану систем сигналізації.

Принципи побудови та забезпечення безпеки систем залізничної автоматики розглянуто у [122, 123]. У роботах розглядаються питання побудови та функціонування елементів та станційних систем керування рухом поїздів. Наведені принципи побудови й забезпечення безпеки напільного обладнання, зокрема стрілочних приводів, світлофорів, рейкових кіл та їх схемні рішення. Докладно розглянуті системи електричної централізації, які є найбільш поширеними на українських залізницях. Всі матеріали викладено загалом на прикладі застарілих систем залізничної автоматики, не приділяючи достатньої уваги підходам та методам забезпечення роботоспроможності систем автоматики та сигналізації.

Таким чином, реальне керування діяльністю структурних підрозділів виявило архаїзми та традиціоналізм. Аналіз проведених досліджень показав, що ризик-менеджмент є необхідною умовою ефективної реалізації системи управління безпекою на залізничному транспорті. Однак відсутність наглядних практичних рекомендацій щодо реалізації системи управління ризиками на українських залізницях обумовлює необхідність розробки сучасних підходів, які враховуватимуть особливості організації залізничних перевезень в Україні та забезпечать підвищення

рівня безпеки залізничного транспорту. Проведений аналіз існуючих систем ризик-менеджменту на залізничному транспорті інших країн [17, 18, 63, 74, 113, 114] показав, що, перш за все, ці підходи повинні базуватись на цифрових технологіях та використовувати сучасну аналітично-управлінську методологію.

Ефективність діяльності залізничного транспорту як системи визначається знанням його стану, здатністю управляти ним і точністю алгоритмів управління. Практично в це узагальнююче поняття входять надійність, ремонтпридатність системи, контроль зносу і витрат на відновлення, проведення досліджень з найбільш важливих напрямків складових компонентів безпеки руху, запровадження наукових досягнень у життя [124].

Висновки до розділу 1.

1. Безпека – комплексне багатовимірне соціально-політичне та науково-технічне явище, що є головним системоутворюючим фактором діяльності транспортних систем, у т.ч. залізничного, та найважливішим соціальним фактором.

2. На основі проведеного огляду та аналізу методів та підходів до оцінки безпеки, можна зробити висновок, що забезпечення безпеки руху визначається двома базовими характеристиками: ризиками та показниками безпеки, які показують динаміку процесів та стан системи безпеки руху. У зв'язку з цим, розробка та впровадження в практику нових підходів до управління безпекою залізничними перевезеннями належить до актуальних напрямів досліджень на сучасному етапі для підприємств залізничного транспорту.

3. На основі проведеного дослідження встановлено, що концепція підвищення безпеки руху поїздів у сучасних умовах має здійснюватися за рахунок: а) переходу від недопущення збоїв та відновлення безпеки до попереджувального управління безпекою; б) розвитку комплексного підходу до вирішення проблеми, що включає організаційне, економічне, методологічне (математичні аспекти, нормативні), технічне, технологічне забезпечення; в) цифровізації процедур управління рухом поїздів.

4. Проведений аналіз існуючих систем управління безпекою руху показав, що сучасний підхід до забезпечення безпеки руху на залізницях розвинених країн полягає у використанні системного та процесного підходів.

5. Аналіз проведених наукових досліджень свідчить про необхідність переходу до створення на залізничному транспорті системи управління безпекою та ризиками, що ґрунтується на можливості передбачати та не допускати реалізацію небажаних явищ.

Основні наукові результати першого розділу опубліковані в працях авторки [25, 32, 41, 56, 64, 97, 137].

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО АПАРАТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Найважливішим елементом у системі забезпечення безпеки є зворотний зв'язок, який може бути здійснений через фахівців, які експлуатують технічні засоби, через засоби сигналізації, засоби автоматики тощо. Однак найбільший ефект буде отримано при впровадженні запобіжних заходів, спрямованих на зниження ризику помилки. У зв'язку з цим і виникає необхідність у розробці системи попередження ризиків техногенного характеру, заснованої на глибокому аналізі всіх елементів перевізного процесу та концентрації уваги та зусиль на виробленні системних технологічних та управлінських рішень, реалізація яких перешкоджатиме появі браків та порушень у роботі, а також дозволить ефективно реагувати на позаштатні ситуації.

2.1 Особливості застосування ризик-менеджменту на залізничному транспорті)

Комплексне управління надійністю, безпекою, ризиками та ресурсами на залізничному транспорті є технологією, що сприяє підвищенню якості послуг на залізничному транспорті. Ця технологія характеризується декількома компонентами, а саме:

- фактори, що впливають на надійність та безпеку об'єктів залізничного транспорту, а також засоби досягнення надійності та безпеки;
- ризик та повнота безпеки;
- вартість життєвого циклу (ВЖЦ).

Надійність та безпека є характеристиками тривалої роботи системи та досягаються за допомогою застосування існуючих інженерних понять, методів, засобів та технологій протягом життєвого циклу системи. Надійність та безпека

системи може бути охарактеризована як якісними, так і кількісними показниками рівня даної системи або підсистем та компонентів, що складають цю систему, при яких можна покладатися на те, що вони функціонують належним чином, а також готові до експлуатації та є безпечними (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Основні компоненти комплексного управління надійністю, безпекою, ризиками та ресурсами на залізничному транспорті

На основі даних рис. 2.1 можна зробити висновок, що комплексне управління надійністю, безпекою, ризиками та ресурсами на залізничному транспорті призначене для реалізації наступних основних завдань (рис. 2.2):

- управління експлуатаційною роботою за допомогою системи експлуатаційних показників надійності;

– прийняття управлінських рішень щодо експлуатації інфраструктури та рухомого складу, яке має здійснюватися на основі оцінки ризиків на всіх етапах життєвого циклу.

Перший розділ дисертаційного дослідження показав, що в основу управління безпекою перевізного процесу покладено такі постулати:

– абсолютної безпеки не існує – після вжиття захисних заходів завжди залишається певний залишковий ризик;

– безпека досягається шляхом зменшення ризику до допустимого рівня;

– залишковий ризик не повинен бути вищим за допустимий рівень;

– допустимий рівень ризику оцінюється та коригується на всіх етапах життєвого циклу;

– при управлінні економічними ризиками виробничої діяльності АТ «Укрзалізниця» (далі АТ «УЗ») слід керуватися принципом ALARP (As Low As Reasonably Practicable) – настільки низький рівень залишкового ризику, наскільки це розумною мірою можливо, виходячи з ресурсів компанії;

– щодо ризиків, пов'язаних із життям та здоров'ям людей, тварин, екологічної безпеки, слід при вжитті захисних заходів віддавати їм пріоритет порівняно з комерційними інтересами АТ «УЗ»;

– управління ВЖЦ має здійснюватися на підставі результатів поточної та інтегральної оцінок експлуатаційних показників надійності та безпеки технічних засобів з урахуванням людського фактору (його кількісного впливу на надійність та безпеку, а також впровадженої системи підготовки та перепідготовки операторів).

Таким чином, управління ризиками є обов'язковим елементом системи управління безпекою руху на залізничному транспорті, головною метою якого є зниження існуючих рівнів ризиків до встановленого допустимого значення та подальша підтримка досягнутих значень.

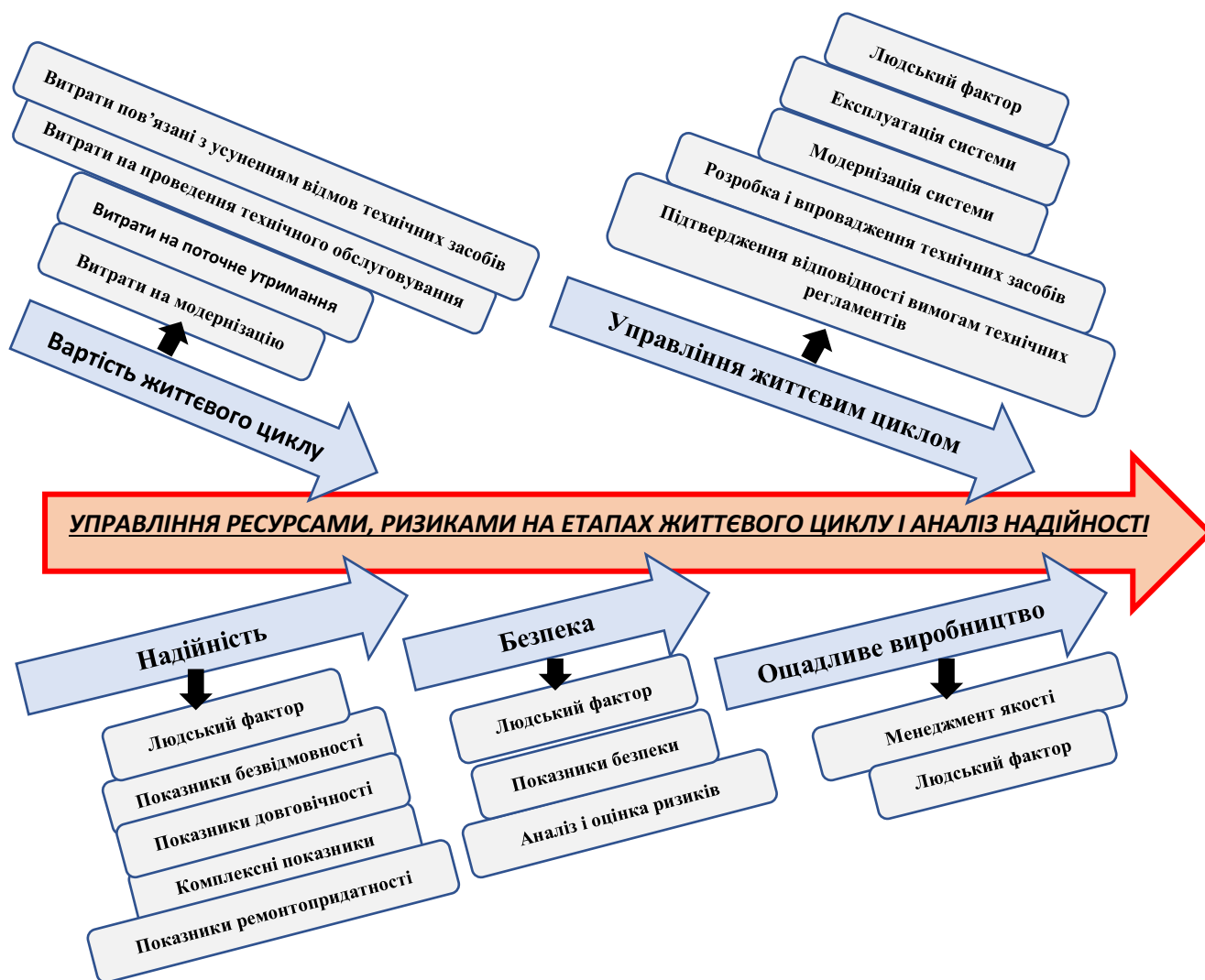


Рисунок 2.2 – Комплексне управління надійністю, безпекою, ризиками та ресурсами на залізничному транспорті

Весь процес аналізу ризиків можна поділити на вісім етапів (рисунок 2.3), які у свою чергу поділяються на два рівні. Перший рівень аналізу включає п'ять послідовних етапів і зводиться до узагальненої оцінки всіх можливих ймовірностей настання несприятливих ситуації, тобто оцінці ризиків. Другий рівень складається з етапів ризик-аналізу та передбачає здійснення діяльності з управління ризиками, тобто весь комплекс заходів щодо їх попередження та скорочення.

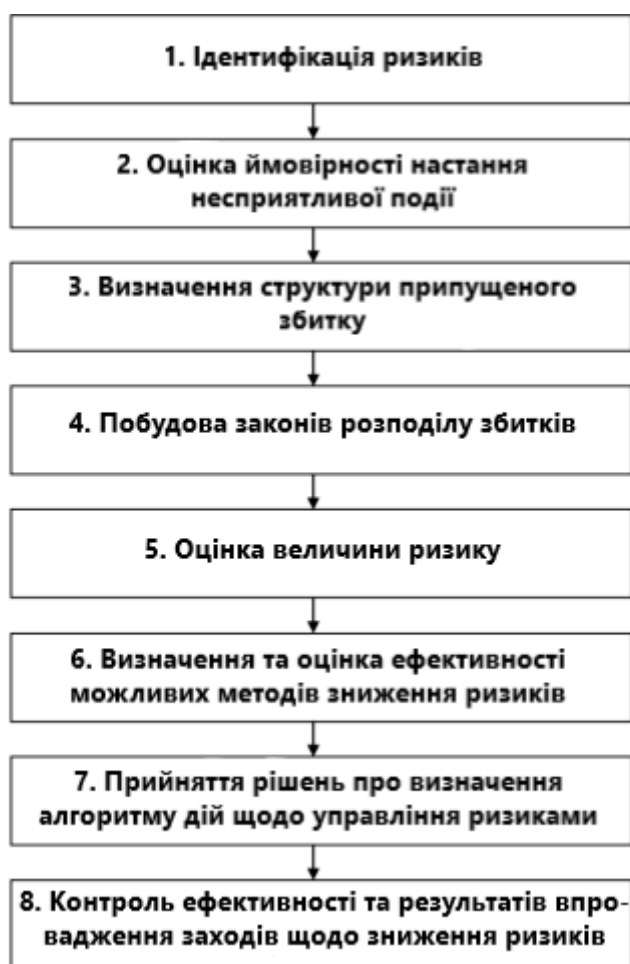


Рисунок 2.3 – Послідовність етапів аналізу ризиків

1. Ідентифікація ризиків. Етап полягає у формуванні якомога повнішого переліку можливих несприятливих подій, які призведуть до негативних змін і завдадуть економічної шкоди об'єкту дослідження. Для ідентифікації необхідно використовувати як наявну інформацію, так і суб'єктивну в поєднанні з досвідом минулих років.

2. Оцінка ймовірності настання ризику. Суть етапу полягає в оцінці передумов для можливого настання ризикової події. Оцінка проводиться на певний часовий інтервал і може мати як короткостроковий, так і довгостроковий характер. До методів оцінки ймовірнісних подій належить статистичний, аналітичний та експертний, які можуть використовуватися одночасно:

а) статистичний – ґрунтується на аналізі статистичних даних за аналогічними подіями, що відбулися на подібних об'єктах, на даній території;

б) аналітичний – ґрунтується на дослідженні причинно-наслідкових зв'язків у територіально-виробничій системі, що дозволяє оцінити ймовірність настання ризику як складного явища;

в) експертний – ґрунтується на оцінці ймовірності настання несприятливих подій за допомогою аналізу результатів опитувань експертів.

3. Визначення структури передбачуваної шкоди. Можлива шкода може стати непрямим наслідком події, а проявитися через негативні зміни, що настали після і мають непрямий характер. Виходячи з цього, вкрай доцільно структуру кожної можливої шкоди оцінювати індивідуально.

4. Побудова законів розподілу збитків. Так як точно спрогнозувати ймовірність тих чи інших подій катастрофи неможливо, оцінити можливі збитки також не можна. Тому цей етап передбачає побудову законів розподілу збитків для кожної ймовірної, несприятливої події. Оцінюючи ризики використовують типові закони розподілу.

5. Оцінка величини ризику. На цьому етапі формуються кількісні показники ризику. На їх основі будуть надалі базуватись етапи, що стосуються управлінських рішень.

6. Визначення та оцінка ефективності можливих методів зниження ризиків. Етап передбачає створення списку можливих заходів впливу на ризик, які мають на увазі наступне: методи уникнення настання ризикової ситуації, методи спрямовані на зниження ймовірності наступу, методи, що зменшують збитки, методи передачі ризику іншим об'єктам, компенсацію шкоди.

7. Ухвалення рішення про визначення переліку дій спрямованих на управління ризиками. Суть етапу зводиться до визначення та впровадження оптимального набору методів впливу на ризики.

8. Контроль ефективності вжитих заходів. Заключний етап оцінки, що передбачає збирання відомостей та їх оцінку. На даному етапі вирішується, чи були вжиті заходи щодо зниження ризику ефективними чи ні, якщо це потрібно проводиться коригування вжитих заходів.

Отже, управління ризиками – процес прийняття та виконання управлінських рішень, спрямованих на зниження ймовірності виникнення несприятливого результату та мінімізацію можливих втрат, спричинених його реалізацією.

На основі результатів досліджень у галузі управління ризиками, з урахуванням сучасних вимог, технологія управління ризиками має відповідати наступним принципам:

- рішення, пов'язане з ризиком, має бути економічно грамотним і не мати негативного впливу на результати фінансово-господарської діяльності залізничної компанії;

- управління ризиками має здійснюватися у рамках корпоративної стратегії підприємства;

- в управлінні ризиками прийняті рішення мають базуватися на необхідному обсязі достовірної інформації;

- при управлінні ризиками прийняті рішення повинні враховувати об'єктивні характеристики середовища, в якому залізнична компанія здійснює свою діяльність;

- управління ризиками має мати системний характер;

- управління ризиками має передбачати поточний аналіз ефективності прийнятих рішень та оперативне коригування набору принципів і методів управління ризиками, що використовуються.

Процес управління ризиком проілюстровано на рисунку 2.4, де PP – рівень ризику, $PP_{\text{доп}}$ – допустимий рівень ризику.

Сутність кожного етапу управління ризиками на залізничному транспорті передбачає застосування відомих методів оцінки ризиків та їх поєднань. Ці методи систематизуються у поетапний процес реалізації управління ризиками. Для ефективного аналізу всього різноманіття ризиків на залізничному транспорті необхідно застосовувати комплекс відповідних методів аналізу, які можна класифікувати так:

- 1) методи спостереження – до них відносять контрольні листи, попередній аналіз небезпек (РНА);

- 2) допоміжні методи – до них відносять структуроване інтерв'ю та мозковий

штурм, метод Делфі, структурований аналіз сценаріїв методом «що, якщо?» (SWIFT), аналіз впливу людського фактору (HRA);

3) аналіз сценаріїв – до них відносять аналіз першопричини (RCA), аналіз сценаріїв, оцінка токсикологічного ризику, аналіз впливу на бізнес (BIA), аналіз дерева несправностей (FTA), аналіз дерева подій (ETA), аналіз причин та наслідків, причинно-наслідковий аналіз;

4) функціональний аналіз – до них відносять аналіз видів та наслідків відмов (FMEA) та аналіз критичності видів та наслідків відмов (FMECA), технічне обслуговування, спрямоване на забезпечення надійності, аналіз прихованих дефектів, дослідження небезпеки та працездатності (HAZOP), аналіз небезпеки та критичних контрольних точок (HACCP), аналіз рівнів захисту (LOPA), аналіз «краватка-метелик»;

5) статистичні методи – до них відносять Марківський аналіз, моделювання методом Монте-Карло, Баєсівський аналіз та мережі Баєса.

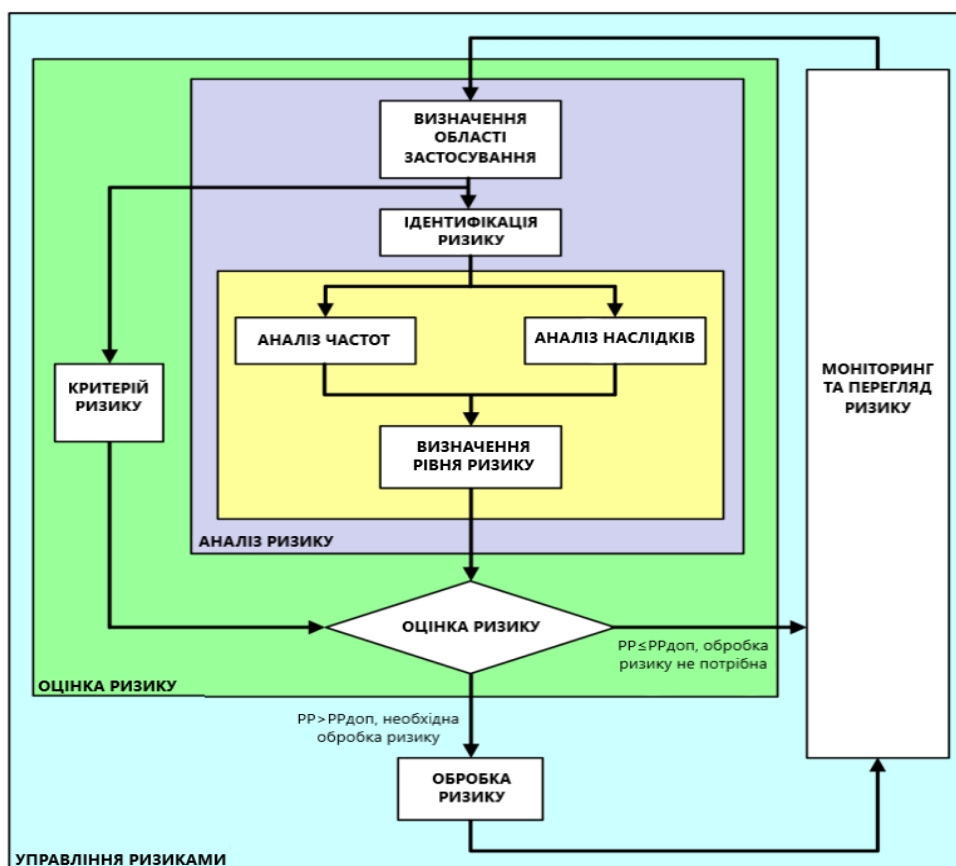


Рисунок 2.4 – Процес управління ризиком

Коротка характеристика основних методів оцінки ризиків та ступеню застосування методів аналізу ризику на різних етапах оцінки ризику на залізничному транспорті представлена в додатку А (згідно з [31-34]).

Величина ризику визначається як добуток величини події на можливість його наступу (одиниця виміру ризику (R) визначається одиницями виміру наслідків (A))

$$R = A \cdot p, \quad (2.1)$$

де R – ризик;

A – наслідок небажаної події;

p – ймовірність його наступу.

Діапазон A досить широкий – від економічних до етичних наслідків. Ризик може бути пов'язаний з факторами, що не піддаються обліку.

В даний час теорія управління ризиками досить глибоко опрацьована [36-39]. Типові завдання управління ризиком:

- зменшення ризику;
- мінімізація ризику;
- оптимізація ризику.

Нехай $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ – безліч усіх можливих несприятливих подій. У певній конкретній ситуації одночасно можуть наступати багато подій.

Позначимо через K – поєднання таких подій, $K \in S$. Якщо k_{ij} ($k_{ij} \in K$) може бути поставлено у відповідність A_{ij} – кількісно описаний наслідок, тоді

$$R_i = \sum_j A_{ij} p_j(k_{ij}), \quad (2.2)$$

є середньою (очікуваною) величиною шкоди при прийнятті варіанту рішення E_i . Варіант рішення E_i без урахування можливості несприятливих наслідків матиме корисність e_i . Тоді відповідна варіанту величина G_i є сумарним ефектом рішення (одиниця виміру (G_i) визначається одиницями виміру (e_i) та (R_i))

$$G_i = e_i - R_i. \quad (2.3)$$

Безліч раціональних варіантів рішення позначимо

$$E = \{E_i: G_i > 0\}. \quad (2.4)$$

Варіант рішення E_i^* – оптимальний, якщо $G_i^* = \max G_i$.

При вирішенні конкретної задачі безліч допустимих варіантів рішення може додатково бути обмежений межами ризику.

Вибір рішень за умов невизначеності включає:

- побудову матриці ефектів та збитків (як інструмент попередньої оцінки ризику) та матриці ризику (як інструмент остаточної оцінки ризику);
- кількісну оцінку варіантів.

Можлива матриця ефектів та збитків представлена у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Матриця ефектів та збитків

Варіант	Ситуація						
	S_1	...	S_j	...	S_n	$(\varphi_i)_{min}$	$(\varphi_i)_{max}$
B_1	φ_{11}	...	φ_{1j}	...	φ_{1n}		
...		
B_i	φ_{i1}	...	φ_{ij}	...	φ_{in}		
...		
B_m	φ_{m1}	...	φ_{mj}	...	φ_{mn}		
$(\varphi_j)_{max}$							

Кожен рядок матриці відповідає одному з варіантів намічених альтернативних рішень B_i , а кожен стовпець – одній з можливих ситуацій S_j , які можуть виникнути за різних можливих значень відсутньої інформації про умови вирішення проблеми або

про очікувані результати. Для кожної пари (B_i, S_j) можна визначити відповідні значення цільової функції φ_{ij} . У загальному випадку ці значення можуть бути як позитивними, так і негативними, тобто кількісно оцінювати ефект чи шкоду при поєднанні i -го варіанту вирішення та j -ої ситуації.

У нижній рядок таблиці винесені найбільші для кожного стовпчика (тобто для S_j) ефекти $(\varphi_j)_{max}$.

Кількісною оцінкою ризику для кожного i -го рішення за j -ої ситуації прийнято вважати різницю між максимально можливим для цієї ситуації ефектом і фактичним (одиниця виміру (R_{ij}) визначається одиницями виміру (φ_{ij})):

$$R_{ij} = (\varphi_j)_{max} - \varphi_{ij}. \quad (2.5)$$

Матриця ризиків у загальному вигляді представлена у формі таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Матриця ризиків

Варіант	Ситуація					
	S_1	S_2	S_3	...	S_j	$(r_i)_{max}$
B_1	φ_{11}	φ_{12}	φ_{13}	...	φ_{1j}	
...	
B_i	φ_{i1}	φ_{i2}	φ_{i3}	...	φ_{ij}	
B_m	φ_{m1}	φ_{m2}	φ_{m3}	...	φ_{mj}	

Подальша процедура вибору альтернативних рішень залежить від того, чи є дані про ймовірність окремих ситуацій і наскільки вони достовірні. Перший варіант, коли ймовірність виникнення кожної j -ої ситуації відомі та отримані в результаті обробки відповідних статистичних спостережень (P_j) . Для кожної альтернативи визначають математичне очікування значення цільової функції (одиниця виміру (δ_i) визначається одиницями виміру (φ_{ij})):

$$\delta_i = \sum_j P_j \varphi_{ij}. \quad (2.6)$$

При цьому виборі підлягає той альтернативний варіант B_i , для якого математичне очікування значення цільової функції виявиться максимальним. Для цього ж варіанту виявиться мінімальним математичне очікування ризику:

$$r_i = \sum_j P_j r_{ij} \rightarrow \min. \quad (2.7)$$

Другий варіант, коли ми не маємо статистичних даних про P_j . І тут проводиться експертна оцінка ймовірності ситуації. Експертам пропонують три значення очікуваної величини S_j , що характеризують ситуацію: оптимістичну, песимістичну та найбільш ймовірну (модальну). Ці потрібні оцінки дозволяють приблизно визначити математичне очікування прогнозованої величини, тобто середньоїмовірне значення S_j^c . Якщо прийняти біноміальний розподіл, можна скористатися наступною розрахунковою формулою (одиниця виміру (S_j^c) визначається одиницями виміру ((S_j)):

$$S_j^c = \frac{1}{6} \cdot [(S_j)_{\min} + 4(S_j)_{\max}]. \quad (2.8)$$

Розглянемо стратегію найбільшого гарантованого ефекту. У кожному рядку матриці ефектів вибирається мінімальний ефект $(\varphi_i)_{\min}$. Найкращим вважається варіант рішення, для якого мінімальний (гарантований) виграш виявиться найбільшим. Критерій, що реалізує такий вибір, називається критерієм максимального ефекту (виграшу) або критерієм Вальда:

$$R_v = \max_i \min_j \varphi_{ij}. \quad (2.9)$$

Стратегія найменшого можливого ризику також орієнтується на гіршу ситуацію, але таку вважає не ту, яка дає найменший ефект, а ту, яка пов'язана з

найбільшим ризиком. У такому разі по кожному рядку матриці ризику вибирається $(r_i)_{max}$, а найкращим вважається варіант, у якому цей максимальний ризик виявляється найменшим. Критерій, що реалізує такий вибір, називається критерієм мінімального ризику або критерієм Севіджа:

$$R_S = \min_i \max_j r_{ij}. \quad (2.10)$$

Змішана стратегія передбачає поєднання песимізму (обережності) і оптимізму (схильності до значного ризику) в безперечно заданій пропорції. Цю стратегію реалізує критерій Гурвіца:

$$R_G = \max_i [\alpha \min_j \varphi_{ij} + (1 - \alpha) \max_j \varphi_{ij}]. \quad (2.11)$$

У цих підходах ризик пов'язують із ситуацією, що має принципово стохастичний характер. Таким чином, розраховану величину ризику R відносять до одного із заданих рівнів ризику, для яких повинні бути визначені характеристики (наприклад, інтервали значень величини ризику).

Оцінювання ризику слідує після аналізу ризику і завершує процедуру оцінки ризику. При оцінюванні ризику отриману оцінку рівня ризику R співвідносять з одним (допустимим рівнем $R_{доп}$) або кількома заданими рівнями ризику, які визначаються на основі допустимого рівня ризику. Допустимий рівень ризику визначається критеріями прийняттого ризику.

Основними вимогами до вибору критерію прийняттого ризику під час аналізу ризику є його обґрунтованість і визначеність. В даний час за міжнародною домовленістю прийнято вважати, що технічний ризик (ризик впливу техногенних небезпек) повинен перебувати в межах від 10^{-7} – 10^{-6} (смертельних випадків чол⁻¹/рік⁻¹), а величина 10^{-6} є максимально прийнятним рівнем індивідуального ризику [125].

Рівень малої межі ризику зазвичай встановлюють як 0,01 від максимально допустимого (тобто для наведеного вище прийнятного рівня індивідуального ризику $1 \cdot 10^{-6}$ незначно малими вважаються значення менше $1 \cdot 10^{-8}$). У перевізному процесі пріоритет надається технічним та індивідуальним ризикам.

Управління ризиками на залізничному транспорті має здійснюватися відповідно до вимог міжнародних та національних стандартів («ДСТУ ISO Guide 73:2013 Керування ризиком. Словник термінів» [31]; «ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику» [127]; «ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» [33]; «ДСТУ ISO/TR 31004:2018 Менеджмент ризиків. Настанова з впровадження ISO 31000» [34]).

Загалом при ідентифікації ризиків безпеки руху та експлуатації залізничного транспорту повинні бути розглянуті небезпечні події, спричинені:

- несправностями та відмовами об'єктів інфраструктури та рухомого складу;
- негативними впливами об'єктів інфраструктури та рухомого складу один на одного;
- технологічними порушеннями при експлуатації та технічному обслуговуванні об'єктів інфраструктури та рухомого складу;
- виробничим та невиробничим травматизмом людей;
- пожежами;
- актами незаконного втручання, а також несанкціонованим доступом до інформаційних ресурсів компанії;
- негативним впливом стихійних лих.

Усі типи ризиків, що впливають на перевізний процес, повинні бути згруповані у дві групи: зовнішні та внутрішні ризики. До внутрішніх ризиків віднесені такі: травми, захворювання пасажирів, прямі матеріальні втрати, витрати на ремонт та відновлення, порушення термінів постачання вантажів та запізнення пасажирів, відшкодування збитків користувачів послуг залізничного транспорту. До зовнішніх ризиків: забруднення води, повітря, ґрунту, жертви, масові травми, захворювання, які стосуються суспільства в цілому.

Причини небезпечних подій згруповані за трьома групами: вплив зовнішнього середовища на об'єкт, надійність обладнання, споруд та конструкцій об'єкта та рівень експлуатації на об'єкті.

На рисунку 2.5 наведено функціональну модель розвитку ризику на залізничному транспорті, яка демонструє вплив основних джерел ризику на виникнення небезпечних подій та можливі наслідки цих подій [36].

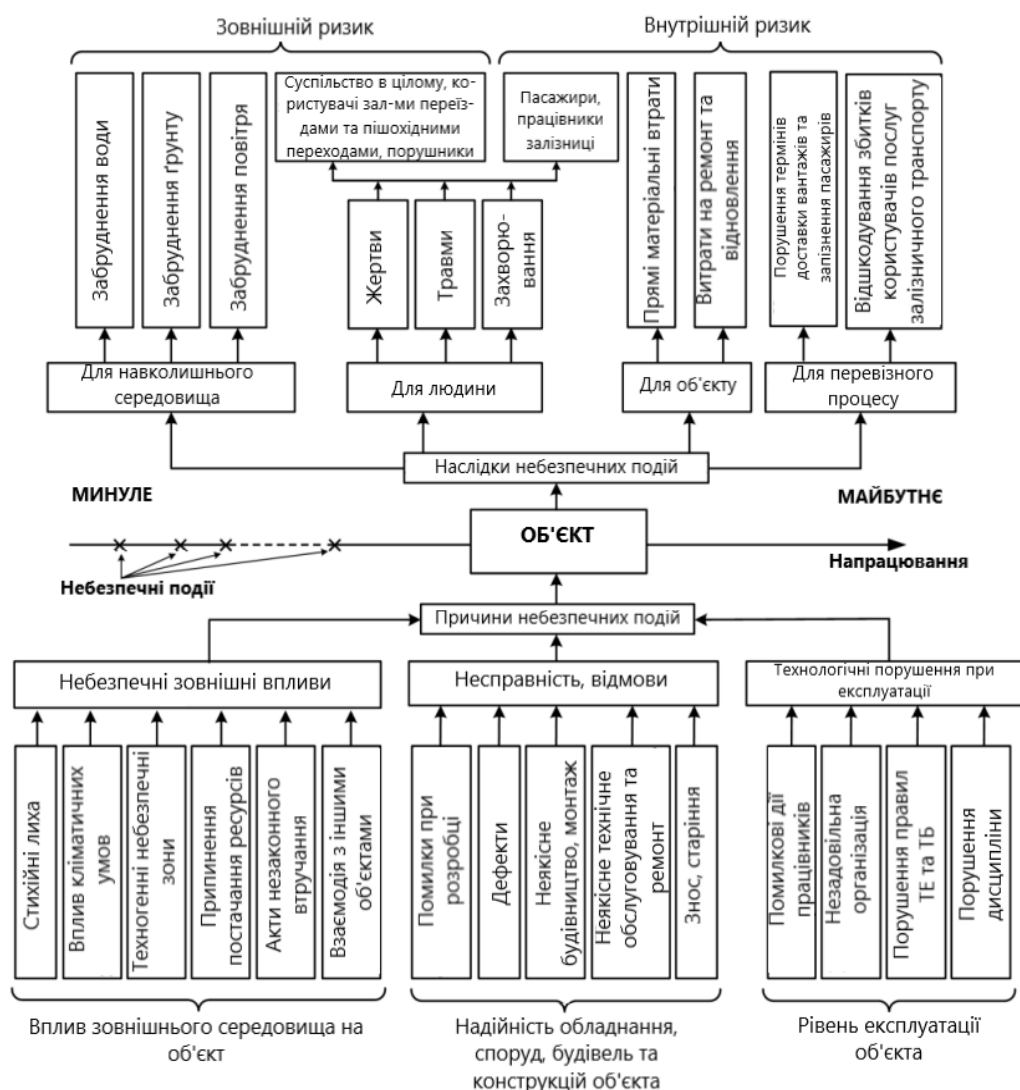


Рисунок 2.5 – Функціональна модель розвитку ризику на залізничному транспорті

Представлена функціональна модель розвитку ризику дозволяє пов'язати вплив основних загроз порушення надійності та безпеки перевізного процесу, а також зовнішніх факторів на виникнення небезпечних подій та їх наслідків.

У цілому слід зазначити, що у даний час досить глибоко опрацьовано теоретичні основи управління ризиками – розроблено комплекс методів аналізу, придатний для різних специфічних особливостей оцінки ризиків, розроблено стратегії управління ризиками, сформовано процес управління ризиком [36-39].

Ефективна система управління ризиками на залізничному транспорті повинна мати здатність прогнозувати динаміку невизначеності довкілля та формувати раціональні механізми зниження цієї невизначеності. На основі чого, необхідно дослідити існуючі методи прогнозування з метою вибору теоретичного апарату прогнозування в управлінні технологічною безпекою транспортних технологій на залізничному транспорті.

2.2 Методи прогнозування

Ефективна система управління безпекою руху повинна, перш за все, виконувати ряд функцій:

- встановлення характеру та номенклатури показників безпеки перевезення пасажирів та вантажів загалом, технологічних процесів функціонування технічних (апаратних) та програмних засобів, персоналу залізниць;

- розробку гармонізованих між собою нормативних значень показників безпеки та ризиків різних видів;

- ідентифікацію небезпечних відмов та помилок, їх частоту;

- аналіз ефективності заходів забезпечення показників безпеки та ризиків;

- забезпечення мінімальних обсягів витрат;

- аналіз фактичних значень показників безпеки та ризиків, а також контроль їх відповідності нормативним значенням у реальному масштабі часу або наближеному до нього;

- прогнозування показників безпеки перевезень, ризиків небезпечних станів, втрат та збитків;

- прогнозування показників функціонування технічних засобів та персоналу на всіх етапах їх життєвих циклів;
- розробка програм заходів оперативного та довгострокового характеру щодо забезпечення заданих показників безпеки перевезень.

Діюча нині система управління безпекою на залізничному транспорті виконує не в повному обсязі перелічені вище функції, що унеможлиблює забезпечення максимальної ефективності управління безпекою залізничних перевезень. А це суперечить класичній теорії управління, яка включає три елементи: планування, організацію і власне управління, що базуються на прогнозуванні діяльності та розвитку системи [51]. Це обумовило розробку нової системи управління безпекою руху [2], що використовує досвід зарубіжних країн та передбачає систему ризик-менеджменту.

Тобто в контексті підвищення ефективності системи управління безпекою на залізничному транспорті, необхідними є здатність прогнозувати динаміку невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовища та формувати раціональні механізми запобігання негативним наслідкам цієї невизначеності [44-46, 48].

Варто зазначити, що сучасний етап науково-технічного прогресу характеризується розробкою та широким впровадженням цифрових технологій. Саме це дає можливість використовувати прогнозний (предиктивний) контроль та управління, що стримувало цей процес у минулому. Зараз предиктивний контроль використовується в основному в технічних засобах (рухомий склад та інфраструктура) та окремих технологіях (пасажирські перевезення, логістика, утримання). Прийшов час використання елементів прогнозування для управління такою важливою функцією як безпека. Розробляються відповідні концепції використання цифрових технологій для управління безпекою [40].

Протягом 2019–2022 років виконувався міжнародний проект CRENG у межах європейської програми ERASMUS+, який значною мірою аналізував необхідність управління ризиками та прогнозування для зменшення імовірності настання кризової ситуації [43].

Виходячи з того, що ефективне використання прогнозу вимагає застосування певних методик, які включають цілу низку методів прогнозування, метою даного дослідження є аналіз методів прогнозування в контексті предиктивного управління безпекою на залізничному транспорті України.

Прогнозування є важливою складовою процесу управління безпекою на залізничному транспорті. Кожен метод прогнозування має «певну сферу застосування, у якій він ефективний» [132]. Виходячи з цього, аналіз методів прогнозування є важливим етапом впровадження ефективного управління. Прогнозування – це науково-обґрунтоване передбачення найбільш ймовірного стану, тенденцій та особливостей розвитку керованого об'єкта в перспективному періоді на основі виявлення та правильної оцінки стійких зв'язків та залежностей між минулим, сьогоденням та майбутнім [47, 49]. Прогноз – це результат процесу прогнозування, виражений у словесній, математичній, графічній або іншій формі судження про можливий стан об'єкта та його середовища в майбутній період часу.

Базовими елементами прогнозу є:

- економічна змінна: що потрібно прогнозувати;
- функція збитків: симетрична або асиметрична;
- об'єкт прогнозу: часовий ряд, подія, тощо;
- заява про прогноз: точка, діапазон або щільність прогнозу;
- горизонт прогнозу: короткий, середній або довгий;
- набір інформації: одно- або багатоваріантний;
- методи та складність: модель тощо.

Відмінності у характері прогнозованих об'єктів, а також в термінах прогнозування, ступеня повноти і достовірності вихідних даних визначають використання різних методів прогнозування.

Методи прогнозування виражаються у способах, прийомах, що використовуються для розробки прогнозів, які є інструментами, що дозволяють реалізовувати методологічні принципи прогнозування. Сучасна прогностика (наука, яка вивчає закономірності процесу прогнозування) має у своєму розпорядженні великий арсенал методів прогнозування, але жоден з них не може бути визнаний

універсальним [51]. На вибір відповідного методу прогнозування впливають такі узагальнюючі фактори:

1) необхідна форма прогнозу. При прогнозуванні проводиться оцінка очікуваних значень показників на майбутнє, і навіть оцінка варіації помилки прогнозування чи проміжку, у якому зберігається ймовірність передбачення реальних майбутніх значень показників. Цей проміжок називається передбачуваним інтервалом. Однак у деяких випадках не так важливе передбачення конкретних значень прогнозованої змінної, як передбачення змін у її поведінці;

2) період та горизонт прогнозування. Період прогнозування – це основна одиниця часу, на яку робиться прогноз. Горизонт прогнозування – це кількість періодів у майбутньому, що охоплює прогноз;

3) доступність даних;

4) необхідна точність;

5) поведінка прогнозованого процесу;

6) бюджетні обмеження;

7) складність досліджуваної системи;

8) уподобання керівництва та ін.

Узагальнена класифікація методів прогнозування наведена на рис. 2.6 [42].

Розглянемо більш детально найбільш популярні методи прогнозування.

Якісні методи – це методи, які побудовані на основі судження, інтуїції та поінформованої думки. Найбільш поширеним серед них є метод Делфі (Delphi).

Метод Делфі – це метод, який використовується для оцінки ймовірності та результату майбутніх подій, основною метою якого є отримання широкого спектра думок групи експертів. Реалізація методу наступна:

1) група експертів обмінюється думками, і кожен експерт індивідуально передає свою оцінку фасилітатору (посереднику комунікацій групи експертів), який перевіряє дані та видає стислий звіт;

2) члени групи обговорюють та аналізують поданий звіт окремо;

3) далі передають нові прогнози фасилітатору, який знову розглядає дані та видає другий звіт (цей процес триває, доки всі учасники не досягнуть консенсусу).



Рисунок 2.6 – Класифікація методів прогнозування

Тобто експерти в кожному раунді мають повний запис про те, які прогнози зробили інші експерти, але вони не знають, хто саме зробив дані прогнози з групи експертів, оскільки кожен експерт на руках має прогнози інших експертів, не прив'язані до імені експерта. У цьому випадку анонімність дозволяє експертам вільно висловлювати свою думку, заохочує відкритість та уникає визнання помилок шляхом перегляду раніше даних прогнозів.

Таким чином, техніка методу Делфі є процесом, що повторюється: сумарні результати першого туру опитування експертів забезпечують основу для другого туру опитування, а результати другого туру передаються в третій раунд і так далі до фінального туру.

Кількісні методи прогнозування використовуються у випадках, коли є підстави вважати, що діяльність у минулому мала певну тенденцію, яку можна продовжити в майбутньому, і коли наявної інформації достатньо для виявлення статистично достовірних тенденцій або залежностей. Найбільш поширеним серед кількісних методів прогнозування є аналіз часових рядів, який і розглянемо.

Основна ідея *аналізу часових рядів* полягає в тому, що розвиток подій зазвичай має певну інерцію, яка описується статистичною мовою, що існує певний взаємозв'язок між значеннями послідовності, і цей взаємозв'язок має певний статистичний закон. Однією з основних цілей аналізу часових рядів є прогнозування його поведінки, оскільки прогноз майбутніх значень на основі попередніх спостережень дозволяє найефективніше приймати рішення в даний час.

Розглянемо більш детально основні методи аналізу часових рядів згідно з рис. 2.6.

1. Прогнозування з урахуванням моделі кривої зростання базується на екстраполяції, тобто на продовженні в майбутнє тенденції, яка спостерігалася у минулому. При цьому передбачається, що в часовому ряду присутній тренд, характер розвитку показника має властивість інерційності, тенденція, що склалася, не повинна зазнавати істотних змін протягом періоду попередження. Процедура розробки прогнозу з використанням кривих зростання включає вибір однієї або декількох кривих, форма яких відповідає характеру зміни часового ряду, і оцінку параметрів обраних кривих. Нині у літературі описано кілька десятків кривих зростання, багато з яких широко застосовуються для апроксимації економічних часових рядів [132].

2. Мета сезонної декомпозиції та коригування полягає в тому, щоб відокремити компоненти. Наприклад, маючи щомісячні дані про пасажиропотік на залізничному транспорті за 10 років тимчасовий ряд можна подати у вигляді чотирьох різних компонент:

- сезонної компоненти (позначається S_t , де t позначає момент часу);
- тренду (T_t);
- циклічної компоненти (C_t);
- випадкової, нерегулярної компоненти або флуктуації (I_t).

Варто зазначити, що зазвичай тренд та циклічну компоненту об'єднують в одну тренд-циклічну компоненту (TC_t). Конкретні функціональні взаємозв'язки між цими компонентами можуть мати різний вигляд. Однак можна виділити два основних способи, за допомогою яких вони можуть взаємодіяти: адитивно (2.12) та мультиплікативно (2.13) (X_t позначає значення часового ряду в момент часу t ;

одиниця виміру (X_t) – це одиниці вимірювання явища, що спостерігається, наприклад кількість транспортних подій на залізниці /місяць, тощо):

$$X_t = TC_t + S_t + I_t; \quad (2.12)$$

$$X_t = T_t \cdot C_t \cdot S_t \cdot I_t. \quad (2.13)$$

Таким чином, за допомогою сезонної декомпозиції можна розкласти тимчасовий ряд на складову тренду, сезонну компоненту і нерегулярну складову, що залишилася.

3. Експоненціальне згладжування – цей метод полягає в тому, що ряд динаміки згладжується за допомогою ковзної середньої, в якій ваги підпорядковуються експоненційному закону. Цю середню називають експоненційною середньою та позначають S_t . Вона є характеристикою останніх значень ряду динаміки, яким надається найбільша вага.

Експоненційна середня обчислюється за рекурентною формулою:

$$S_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}, \quad (2.14)$$

де S_t – значення експоненційної середньої в момент t ;

S_{t-1} – значення експоненційної середньої в даний момент ($t = 1$);

Y_t – значення експоненційного процесу в момент t ;

α – вага t -ого значення ряду динаміки (або параметр згладжування).

Послідовне застосування формули дозволяє обчислити експоненційну середню через значення всіх рівнів даного ряду динаміки. Найбільш важливою характеристикою цієї моделі є α , за величиною якої практично і здійснюється прогноз. Чим значення цього параметра ближче до 1, тим більше в прогнозі враховується вплив останніх рівнів ряду динаміки. Якщо значення цього параметру близько до 0, то ваги, якими зважуються рівні ряду динаміки зменшуються повільно, тобто, при прогнозі враховуються усі минулі рівні ряду.

На основі проведеного дослідження доцільно охарактеризувати основні переваги та недоліки методів якісного та кількісного прогнозування – таблиця 2.3-2.4.

Таблиця 2.3

Переваги та недоліки методів якісного прогнозування

Переваги	Недоліки
1. Простота з точки зору володіння математичним та статистичним апаратом. 2. Широке застосування в практиці – дані методи застосовуються в практиці більше 40 років.	1. Упередженість прогнозів, оскільки експертна оцінка завжди суб'єктивна. 2. Низька точність при прогнозах на тривалі періоди часу. 3. Необхідність мати високу кваліфікацію та значний досвід роботи в предметній сфері.

Таблиця 2.4

Переваги та недоліки методів кількісного прогнозування

Переваги	Недоліки
1. Більш об'єктивні прогнози – використовуються знеособлені математичні та статистичні методи. 2. Висока точність прогнозів – за деякими даними, кількісні методи прогнозування збільшують точність на 60%-70% проти результатів якісних методів прогнозування [51]. 3. Різноманітність методів та моделей прогнозування.	1. Висока вартість 2. Необхідність забезпечити достатній обсяг статистичних даних (вихідної інформації). 3. Необхідність знання основ статистики щодо здійснення прогнозування.

У світовій науці накопичений та апробований значний арсенал методів прогнозування, які дають можливість вирішувати комплекс завдань з обґрунтування перспектив розвитку як країни в цілому, так і окремих суб'єктів господарювання, зокрема залізничного транспорту [44]. Це обумовлено тим, що прогнозування

дозволяє розкрити стійкі тенденції, або, навпаки, суттєві зміни у соціально-економічних процесах, оцінити їхню ймовірність для майбутнього планового періоду, виявити можливі альтернативні варіанти, накопичити науковий та емпіричний матеріал для обґрунтованого вибору тієї чи іншої концепції розвитку чи планового рішення.

На основі проведеного дослідження в даному підрозділі можна сформулювати такі основні висновки:

– на даний час розроблено багато методів прогнозування, завданням яких є передбачення майбутніх подій з метою використання цього прогнозу при прийнятті рішень. Методи якісного прогнозування, такі як метод експертного оцінювання, є особливо важливими, коли статистичні дані за минулі періоди часу недоступні та/або ненадійні. Але усі якісні методи є суб'єктивними і зазвичай характеризуються значною помилкою прогнозу;

– кількісні методи прогнозування в змозі установити основні взаємозв'язки між величинами і дати більш надійний прогноз. Але потребують значних статистичних даних та способу їх формалізації;

– незважаючи на те, що кількість різних методів та прийомів прогнозування перевищила 400 [47], специфіка аналізованого об'єкта вимагає розробки адекватного методу прогнозування, що забезпечить його ефективність [2].

2.3 Уявлення залізничної транспортної системи як самоорганізуючої

Основним науковим результатом цієї дисертації є розробка прогностичної методики оцінки стану та управління безпекою руху на залізничному транспорті, що викладено в розділі 3. За своєю суттю метод використовує розгляд залізничної транспортної системи як самоорганізуючої. Тому цілком логічно показати основні засади самоорганізації, які сформульовані в інтегральній теорії самоорганізуючих систем [57].

Можна стверджувати, що друга половина 20 століття увійшла в історію науки як спроба вирішення центральної проблеми розвитку та управління систем – проблеми самоорганізації. Явище самоорганізації протягом багатьох століть залишалося найзагадковішою таємницею природи.

Особливість систем, що самоорганізуються, полягає в тому, що вони є відкритими і вимагають систематичного вхідного потоку енергії, речовини, інформації та відповідного обміну вихідними продуктами діяльності з навколишнім середовищем. З огляду на те, що вони об'єднані поняттям самоорганізації, обов'язковий принцип їх існування – єдність об'єкта і середовища його перебування.

До найбільш загальних принципів самоорганізації в транспортних системах належать такі [57]:

(1) принцип самосполучення (рос. – самосопряжение) системи та умов її існування, він же трактується як «єдність об'єкта та середовища існування», «опосередкування результату функціональної діяльності як утворюючого процес відносин». Слід застерігати, що це принцип доповнення;

(2) принцип дихотомічної структури відносин, чи «єдності та боротьби протилежностей», «амбівалентності», «амфотерності». У ряді випадків його трактують як принцип симетрії чи толерантності. У всіх випадках у ці визначення вкладається зміст єдності протилежностей та єдиного їхнього заходу;

(3) принцип інваріантності та ізоморфізму організації функціональних систем різних рівнів, або «виникнення подібного в подібному», або «минуле породжує сьогодення», в якому формується наступне, або «причина – слідство – результат»;

(4) принцип мультипараметричної організації функціональних систем за кінцевим результатом або «еквіфінальності організації кінцевого результату»;

(5) принцип статистичної закономірності прояву впливу як відбиток цілісного процесу, чи «кінцевий результат впливу як критерій подібності в мультипараметричних системних відносинах»;

(6) принцип найменшої дії та вузького місця, який може розглядатися як різновид «дихотомічної структури відносин».

Системний підхід у розгляді транспортних систем як самоорганізованих протягом останніх приблизно 100 років формувався на «4-х китах», які викладені нижче у цьому підрозділі. Вивчення самоорганізації почалося у біологічних науках та фізіології, а потім поширилося на інші сфери життєдіяльності людства, запровадивши загальну термінологію «теорія систем».

(А) Особливість загальної теорії систем Л. фон Берталанфі (далі ЗТС) полягала у класичному трактуванні структурної організації функціональних систем, що настає традиційному анатомічному принципу живого організму та життєдіяльності окремих органів у динаміці їх роботи [58]. ЗТС обґрунтувала математичний апарат опису та дослідження систем.

(Б) Теорія функціональних систем (далі теорія ФС) П.К. Анохіна, як провідного принципу, вивчає організм як сукупність системних організацій у динаміці їх взаємодії. Система є комплексом вибірково залучених компонентів, взаємодія та взаємовідносини яких призводить до отримання корисного кінцевого результату [59–60].

Істотна відмінність між ЗТС і теорією ФС полягає в наступному:

– Л. фон Берталанфі відобразив рівень організації цілісного організму як автономну систему. Структура автономної системи складається з органів – взаємозумовлених живих клітинних утворень, не життєздатних для самостійного існування. Ця думка є виключно важливою для розуміння закономірностей поведінки цілісної системи та її структурних елементів, які виконують суто певну функцію у діяльності цілісної системи;

– у теорії ФС функціональна діяльність організму представляється як сукупність різного співвідношення пайової активності його елементів (органів) у забезпеченні еквіфінального кінцевого результату залежно від умов середовища, що змінюються. Істотним внеском теорії ФС в обґрунтування процесу самоорганізації стало введення поняття зворотного зв'язку та акцептора випереджувальної дії.

Теорія ФС, будучи природним доповненням ЗТС, запровадила необхідність спостереження за узгодженням взаємодії організму із середовищем. У теорії ФС було

обґрунтовано потребу збереження рівноважного стану цілісної системи, проте залишилося нез'ясованим питання механізму збереження.

Взаємне доповнення цих теорій спричинило поняття норми стану системи та її компонентів. У теорії ФС у неявній формі було виражено важливе положення про зміну участі елементів у забезпеченні кінцевого еквіфінального результату, сформульована ідея про статистичний принцип отримання кінцевого результату. Термін «норма», який у початковому уявленні висловлював поняття узгодженості, став трактуватися як міра. Це викликало бурхливу полеміку, яка була викладена у [61]. Введення нечіткості заходу послужило основою для широкого її використання в біологічних дослідженнях та глибокого теоретичного висвітлення потаємних глибин та сутності життя.

(В) Проблемою став вимір невизначеності чи нечіткості середовища. Вирішення проблеми запропонував Л. Заде. Рішення називалося теорія нечітких множин [62], що у подальшому відкриває визначення теорії толерантних просторів.

Л.Заде розглядає свою теорію як апарат для аналізу та моделювання гуманістичних систем – систем, у яких істотну роль відіграють знання та судження людини. Його підхід спирається на передумову у тому, що елементами мислення є певні числа, що виражають кінцевий результат, а елементи деяких нечітких множин, котрим перехід від «так» (приналежності), до «ні» (неприналежності) не стрибкоподібний, а безперервний. Останнім часом гуманістичну систему називають людино-машинною системою, а в більш узагальненому варіанті – системою «людина – об'єкт управління – середовище».

Розмір одиниці шкали оцінки змістового змісту від «так» до «ні» породжує неточність визначення «однаковість» чи «схожість» порівнюваних значень змісту поняття. При малих значеннях одиниці шкали можна послідовно перейти від «так» до «ні», не позначаючи різниці. У цьому випадку вербальний опис змін, що відбуваються, втрачає розв'язаність своїх можливостей як способу передачі інформації, так як поділ меж покрокового переміщення не носить чіткого прояву. Відчуття різниці виникає зі збільшенням одиниці шкали, що пов'язано з ефектом

підсумовування накопичення помилок. Надалі, для побудови необхідного математичного апарату нечітких множин, Заде вводить поняття лінгвістичної змінної.

(Г) Наступний істотний крок у розвитку теорії нечітких множин зробили В.А. Друзь та В.М. Самсонкін у поданому ними теоретичному підході, названому Метод виявлення прихованих статистичних закономірностей. Була вперше доведена перша теорема про зворотну залежність рівнів складності та толерантності простору розвитку самоорганізованих систем. Цим однозначно було вирішено тривалу суперечку між агностицизмом і гносеологією шляхом запровадження міри пізнання як функції рівня толерантності простору «система – середовище» [52].

Другою теоремою було вирішено питання «парадоксу розвитку». Завдяки цьому внеску у розвиток теорії толерантних просторів, раніше існуюча неможливість знайти розв'язання низки завдань у словесній формі стала розв'язною шляхом графічного представлення інформації у толерантних просторах [57]. Графічне відображення інформації полягає у тому, що їх шкалу виміру можна представити як процес переходу від «так» до «ні» у відсотковому вимірі (від 0% до 100%) чи частках одиниці (від 0 до 1), що є еквівалентною дією у порівнянних одиницях порівняння.

Крім того, у працях В.Самсонкіна та В.Друзя було формалізована норма стану безпеки залізничної системи як функціональний оптимум (ФО). Визначено межі функціонального оптимуму, які знаходяться у точках перегину нормальної кривої статистики порушень безпеки руху.

2.4 Визначення гіпотези дослідження

Огляд та аналіз існуючих підходів до проблеми безпеки залізничного транспорту та управління безпекою надає можливість стверджувати її присутність з перших днів існування залізниць, найсерйозніше відношення до цієї проблеми в державах та залізничних компаніях світу, наявність великої кількості теоретичних та практичних підходів, існування великої нормативно-документальної бази, наявність величезної кількості науково-дослідницьких розробок. Однак проблема до кінця не

вирішена, і, на жаль, не буде вирішена у найближчій перспективі. Тому потребує подальших постійних досліджень, які б використовували сучасні науково-технічні досягнення людства.

Сформулюємо основні положення гіпотези спеціальних досліджень у дисертаційній роботі.

1. *Статистичний підхід.* Аналіз управління великими людино-машинними системами дає можливість зробити висновок про велику розповсюдженість статистичних методів управління, які використовують результати своєї діяльності, тобто статистику діяльності. Вони зараз найбільш ефективні, тому в дисертації слід використовувати її як вхідну інформацію в управлінні, тобто статистику своєї поведінки. Враховуючи предмет дослідження, мова йде про статистику порушень регламенту перевізного та інших технологічних процесів, пов'язаних з безпекою руху.

2. *Використання індивідуальних особливостей.* На залізничному транспорті існує практика використання чужого досвіду, його розповсюдження на інші «подібні» структури та регламентування. Такий підхід часто не дає позитивних результатів через відмінності у функціонуванні різних подібних структур у взаємності з середовищем. Це надихає на розробку оригінальних підходів, які б змогли використовувати індивідуальні особливості керованих технологій та структур. Це може бути управління по індивідуальній нормі, адаптовані до місцевих особливостей методики та ін..

3. *Принципи систем, що самоорганізуються.* Транспортні системи відносяться до класу систем, що самоорганізуються. Але признаючи це на словах, на ділі алгоритми та методики управління залишаються традиційними по різних причинах. Перехід до принципів самоорганізації є можливим на сучасному етапі за рахунок таких особливостей: з'явилась єдина теорія систем, що самоорганізуються, та отримав практичне підтвердження заснований на ній метод виявлення прихованих статистичних закономірностей з метою управління; дістали широкого розповсюдження цифрові технології як базові для реалізації новітніх алгоритмів управління; виріс інтелектуальний рівень персоналу.

4. *Прогнозування.* Людство багато чого віддало б, якщо змогло спрогнозувати транспортну або іншу кризову ситуацію. З другого боку, прогнозування є необхідною вимогою розробки ефективної моделі управління та її адаптації в мінливих умовах середовища. Зроблений аналіз вказує на те, що серед сотень прогностичних методів не існує абсолютного, який підходить до всіх випадків діяльності технологій та систем. Профілактика випадків порушень в роботі вимагає достатньої інформаційної бази для їх прогнозування, тому існує необхідність формування предиктивної системи управління безпекою, яка полягає в тому, що в систему починає вводитися інформація надзвичайно широкого плану, в тому числі отримана від різних джерел, яка дозволяє будувати сценарії майбутнього. Такий перехід на проактивний характер, орієнтований насамперед на запобіжні заходи, пов'язаний зі збільшенням уваги до інформаційної частини, умінням розраховувати ризики та переходом на управління ризиками та прогнозами, що в результаті надасть змогу підвищити рівень безпеки на залізничному транспорті.

Висновки до розділу 2.

1. Необхідно повною мірою використовувати всі інструменти управління, зокрема і ризик-менеджмент, оскільки залізничний транспорт, як і будь-яка складна система, при здійсненні своєї діяльності неминуче стикається з невизначеністю та ризиком. При цьому ризик оцінюються як поєднання ймовірності виникнення небажаної події та тяжкості можливих наслідків.

2. Необхідні зміни парадигми процесу попередження транспортних подій контролю та нагляду за безпекою руху: з ліквідації наслідків та аналізу порушень безпеки руху, що вже відбулися, на їх прогнозування та запобігання.

3. Специфіка аналізованого об'єкта вимагає розробки адекватного методу прогнозування, що забезпечить його ефективність.

4. Аналіз стану безпеки руху на всіх рівнях проводиться на підставі статистичної звітності про порушення та розслідування випадків безпеки руху.

Основні наукові результати другого розділу опубліковані в працях авторки [11, 29, 45, 66].

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Теоретичною базою досліджень стали Метод виявлення прихованих статистичних закономірностей та теорія ризиків. В цьому розділі надано розроблену методику розробки управлінського рішення про управління безпекою руху на основі стану безпеки руху як кінцевого результату діяльності залізничного транспорту як системи. Убезпечення перевезень на залізничному транспорті (або забезпечення безпеки руху) розглядається як один з технологічних процесів, яким необхідно керувати.

3.1 Визначення основних положень Методу виявлення прихованих статистичних закономірностей

Метод прихованих статистичних закономірностей (далі МСЗ) [5, 52, 57] веде пошук прихованих закономірностей – «вузьких місць» – у статистиці параметру результату діяльності об'єкту управління (людина, структурний підрозділ, організація). Вузькі місця – найбільш проблемні місця, або місця максимальних витрат ресурсів для збереження стійкості і безпеки технології перевізного процесу. Тобто це ті аспекти, які є ризиками нештатних (позаштатних) небезпечних ситуацій діяльності [55]. Нижче наведено основні теоретичні положення МСЗ, які використовуватимуться в роботі.

1. Ознаки визначення «вузьких місць».

Ознака 1 – «викид» (рис. 3.1) параметрів статистики порушень за період аналізу.

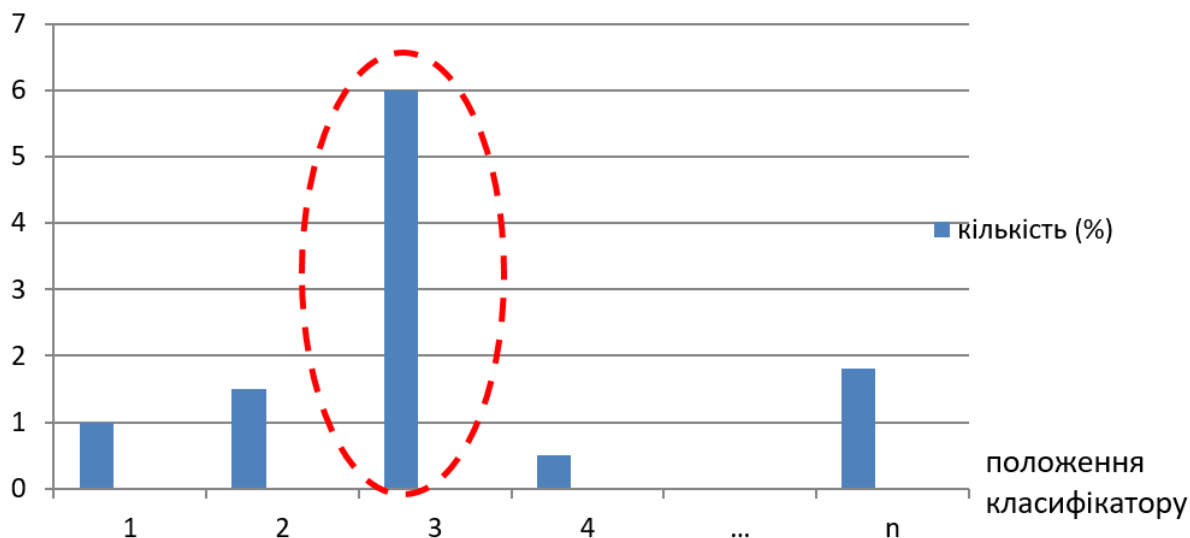


Рисунок 3.1 – Ознака вузького місця типу «викид»

Червоним штрихом на рис. 3.1 позначено вузьке місце першої ознаки; n – кількість елементів параметру статистики.

Ознака 2 – «негативний тренд» динаміки (або часового ряду) зміни параметру статистики, що аналізується, у сусідніх періодах часу. Приклад наведений на рис. 3.2.

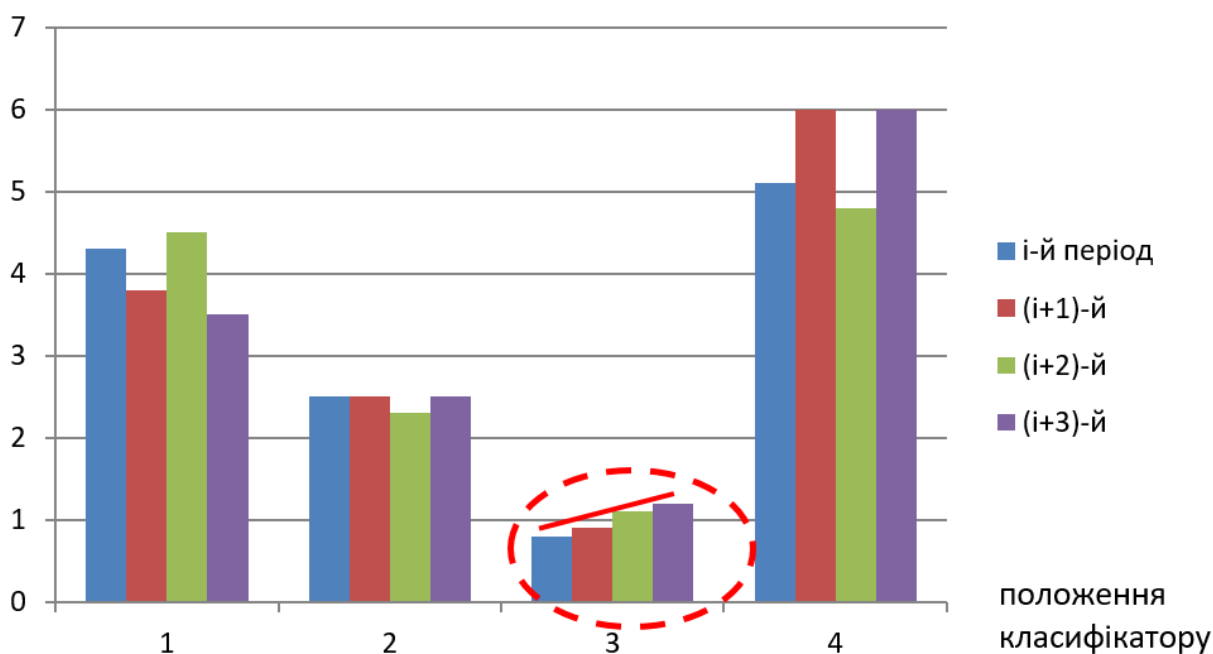


Рисунок 3.2 – Ознака вузького місця типу «негативний тренд» (відмічено червоним штрихом) за чотири періоди контролю

Якщо на підставі графічного зображення зареєстрованих параметрів спостерігається рівномірний прояв (тобто відсутнє виражене «вузьке місце»), то джерела поліпшення ситуації слід шукати в площині організації технологічного процесу в цілому.

Варто також відмітити, що вузьких місць може бути декілька.

2. Систематизація випадків порушень.

Проблемою використання статистичних методів є вербальний спосіб їх подання у відповідних джерелах інформації. Тому для використання статистичних методів управління вербальну інформацію слід формалізувати або систематизувати.

МСЗ пропонує кожний випадок статистики порушень подавати як відповіді на дев'ять питань або у просторі дев'яти параметрів (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Систематизація випадку статистики порушень безпеки руху

Параметр «ЩО» характеризує подію згідно з існуючим класифікатором транспортних подій. Оцінювання географічного місця події (станція, дільниця, перегін) здійснюється параметром «ДЕ». Параметр «КОЛИ» розкриває час події.

Обставини («ЯК») містять якісну характеристику події: інформація про поїзд (номер поїзда, кількість вагонів, тоннаж, кількість осей), локомотив, вагони, погодні умови, стан рухомого складу, стан інфраструктури, дотримання графіка руху, стан здоров'я локомотивної бригади та ін. Параметр «ЧОМУ» – можлива причина. «ХТО» – порушник. Відповідь на запитання «НАВІЩО» має пояснити навмисність або випадковість події. Параметр «КОМУ» має містити інформацію про наслідки нанесеної втрати. «ЗВІДКИ» – напрямок руху.

3. Виявлення закономірностей здійснюється шляхом графічної побудови таких залежностей:

- варіації окремих параметрів систематизації ЩО, ДЕ, КОЛИ, ... (рис.3.3) у часі;
- варіації складових дев'яти параметрів у часі;
- у просторі двох та трьох параметрів систематизації (наприклад, ЩО – ДЕ, ЧОМУ – КОЛИ, ЩО – ХТО – ДЕ, ...).

4. Чому саме інформація про порушення використовується в МСЗ?

В залізничній компаніях світу стан безпеки визначається саме по статистиці порушень регламентів безпечного руху. Цьому є раціональне пояснення: коли все йде добре, персонал рідко замислюється про недоліки і вузькі місця; всі транспортні події розслідуються спеціальними комісіями, які всебічно вивчають обставини, причини, дотримання технології обслуговування, дії персоналу і т.д..

Таким чином, порушення безпеки надають цінну інформацію про недоліки технологічного процесу перевезень, головне – об'єктивно до цього відноситись та правильно використовувати.

Крім того, дана методика використовує саме ту статистику, яка існує в організації, яка досліджується.

5. Динаміка кінцевого результату (часові ряди) та норма безпеки.

Поняття норми будемо розуміти у сенсі стереотипу поведінки. Норма визначається статистикою поведінки у різних станах системи «об'єкт – середовище». Об'єктом може бути людина, взаємодія «людина-техніка», структурний підрозділ, компанія, ін.. Важливо правильно визначити параметр контролю поведінки. Для

складної системи слід визначити системний параметр, який характеризує кінцевий результат діяльності об'єкту. В даній роботі під системним параметром використовуватиметься показник безпеки руху у вигляді статистики відмов, оскільки безпека руху – соціально найбільш важливий показник діяльності транспортної системи.

Для визначення норми використовується безперервний моніторинг параметру кінцевого результату (par) з метою формування статистики, або бази даних. par – це кількість порушень за одиницю часу, який також визначає поточне значення стану безпеки. Значення par слід фіксувати якомога частіше, наприклад, кожного дня, кожного місяця. Далі формується релятивна база даних, як наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Структура бази даних порушень

Рік	Місяць			
	1	2	...	12
j	par_1^j	par_2^j	...	par_{12}^j
$j+1$	par_1^{j+1}	par_2^{j+1}	...	par_{12}^{j+1}
$j+2$	par_1^{j+2}	par_2^{j+2}	...	par_{12}^{j+2}
....
N	par_1^N	par_2^N		par_{12}^N
...

Динаміка параметру кінцевого результату, як правило, представляється графічно у вигляді часових рядів.

Статистика параметру кінцевого результату як випадкової величини буде описуватися нормальним законом розподілу щільності імовірності виду [57]

$$N(par) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(par - m)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3.1)$$

де m – центр розподілу (математичне очікування/мода/медіана);

σ – середнє квадратичне відхилення навколо m .

Відомо, що для визначення оцінки m та σ використовуються середнє арифметичне (\overline{par}) та середнє квадратичне відхилення вибірки, тобто статистики у табл. 3.1, які визначаються з формул

$$\overline{par} = \frac{\sum_{k=j}^N \sum_{i=1}^{12} par_i^k}{12 \cdot (N - j + 1)}; \quad (3.2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{k=j}^N \sum_{i=1}^{12} (par_i^k - \overline{par})^2}{12 \cdot (N - j + 1) - 1}}, \quad (3.3)$$

де N – рік актуалізації норми.

Тоді інтервал нормальної кривої між точками перегину є функціональним оптимумом – інтервал оптимального функціонування об'єкту

$$par \in [\overline{par} - s, \overline{par} + s] = \text{FOpt}, \quad (3.4)$$

а норма визначається з нерівності

$$par < \overline{par} + s. \quad (3.5)$$

Таким чином, якщо виконується (3.5), то стан безпеки у нормі. І навпаки.

3.2 Визначення положень теорії управління ризиками

Слово «ризик» має безліч різних значень: небезпека, ймовірність, наслідок, потенційні несприятливі чинники, можливості. У тексті стандарту ISO 31000:2009

надається загальне визначення ризику як «вплив невизначеності на досягнення цілей» [67]. З цього визначення випливає, що управління ризиками не є процесом, що накладається на інші управлінські системи прийняття рішень, а є вкрай важливою складовою всіх заходів та процесів. Здійснення управління ризиками в організації надає їх керівництву можливість прийняття раціональних рішень на основі наявної інформації, незалежно від того, наскільки повною вона є.

Для якісного управління ризиками необхідно використовувати такі критерії [67]:

- ризики виявляються своєчасно;
- ризики ретельно аналізуються та оцінюються, найважливіші ризики мають вищий пріоритет;
- плани дій, які розробляються у необхідних ситуаціях, доцільні, і для їх реалізації є необхідні ресурси.

В діяльності залізничного транспорту велике значення належить нормативно-правовим документам. Нормативно-правова база з безпеки руху є вагомим складовою реалізації державної транспортної політики, важливість якої обумовлена необхідністю регламентування кожної дії в організації перевізного процесу, однакового тлумачення основних термінів та визначень з безпеки руху, дотримання високої відповідальності персоналу і т.д.

Нормативно-правова база на залізничному транспорті України складається з декількох напрямків: Міжнародні угоди, Пам'ятки Європейського Союзу, Державні регулюючі документи. На прикладі України Державні регулюючі документи з безпеки руху розподіляються таким чином: Закони України, Постанови Кабінет Міністрів України, Накази Міністерства інфраструктури України, регламенти компаній.

Конкретні кроки використання управління ризиками надано у п.5.1 [2], бо саме Положення про систему управління безпекою [2] є таким, що обов'язково повинно використовуватись всіма підприємствами та організаціями України, діяльність яких пов'язана з організацією залізничних перевезень, а персонал повинен здавати іспити для отримання відповідного сертифікату.

В Україні Наказом Міністерства інфраструктури України № 842 від 24 грудня 2020 року було затверджене оновлене Положення про систему управління безпекою руху на залізничному транспорті (далі Положення про СУБР) [2], зміст якого відображає суто європейський напрямок розвитку СУБР. На основі цього Положення керівництвом підприємства, яке відноситься до сфери залізничного транспорту, самостійно розробляється та затверджується політика (сукупність методів, підходів, методик, показників) та організація процесу убезпечення, які є складовими Положення про СУБР підприємства.

В цьому підрозділі використано основні положення теорії ризиків в інтерпретації Положення про СУБР [2]. Саме ця інтерпретація пояснюється обов'язковістю його застосування в будь-якій організації сфери залізничного транспорту України.

Головними завданнями СУБР є своєчасне виявлення небезпечних факторів або загроз, оцінювання ступеня ризику та здійснення заходів щодо зниження ризику завдання шкоди здоров'ю людей, навколишньому природному середовищу та матеріальних збитків [2].

Як було зазначено в першому розділі дисертації, політика безпеки руху на українських залізницях ґрунтується на результатах таких процедур [2]:

- ідентифікації небезпечних факторів або загроз;
- оцінки ризиків (оцінювання та зниження ризиків);
- управління ризиками.

Розглянемо більш детально кожен з етапів.

Як показало проведене дослідження в другому розділі дисертації, *ідентифікація ризиків* припускає використання певних методик, які характеризуються достатньою різноманітністю та локальністю, маючи власні переваги та недоліки. В той же час, згідно з [2] відсутній сформований механізм ідентифікації небезпечних факторів або загроз. Наявний регламент описує лише загальні принципи реалізації даного етапу: щодо часових рамок здійснення – як до, так і після настання транспортної події; використання як внутрішніх, так і зовнішніх

джерел інформації і т.п; що створює дефіцит інформативності з точки зору формування методики реалізації процесу ідентифікації ризиків.

Після виявлення небезпечних факторів або загроз згідно з [2] здійснюється *оцінювання ризиків* потенційних наслідків, до яких можуть призвести небезпечні фактори або загроза у формі аналізу потенційних небезпечних факторів або загроз, які становлять загрозу діяльності підприємства за двома критеріями: імовірність настання події чи умов, які завдають шкоди, та серйозність наслідків події чи умови, якщо вони настануть. Після оцінювання ризику з погляду імовірності та серйозності оцінюють прийнятність ризику. Тобто процес оцінювання прийнятності ризику складається з двох етапів: 1) здійснюється загальне оцінювання ризику, що досягається шляхом застосування матриці оцінювання ризику, яка є комбінованим поєднанням таблиць імовірності та серйозності ризику, у результаті якого визначається індекс ризику; 2) визначається індекс ризику, який переноситься до матриці прийнятності ризику, що характеризує критерії прийнятності ризику – якщо ризик потрапляє до неприйнятної зони, він є неприйнятним для безпеки руху. Таким чином, етап оцінки ризиків містить формалізовану методику його реалізації, що в загальному вигляді відображає основні положення принципу ALARP [68], де на основі побудованих матриць ризиків знаходиться загальна міра оцінки ризиків, яка міститься в рівнях прийняття рішень.

Управління ризиками – етап процесу управління безпекою руху на підприємстві, який здійснюється після оцінювання ризиків з метою зниження наслідків небезпечних факторів та загроз для безпеки руху на підприємстві. На підставі даних, отриманих у результаті оцінювання ризику, керівник з безпеки руху приймає рішення про необхідність контролю оціненого ризику, який здійснюється шляхом прийняття рішення щодо уникнення ризику, виділення додаткових засобів для його уникнення, вдосконалення чинних процедур зменшення ризиків або розроблення та впровадження нових процедур зменшення ризиків.

Як зазначалось в попередніх розділах дисертації, однією із ключових задач забезпечення безпеки перевізного процесу є створення та широке впровадження на мережі залізниць інструменту об'єктивного прогнозування кризових ситуацій

(транспортних пригод та подій), який дозволить скоротити ймовірність їх появи та можливу шкоду. Зважаючи на те, що АТ «Укрзалізниця» в 2021 році розробила Стратегію управління ризиками та можливостями [69], визначимо основні цілі та завдання товариства на основі саме цього документу. Це наведено на рисунку 3.4.

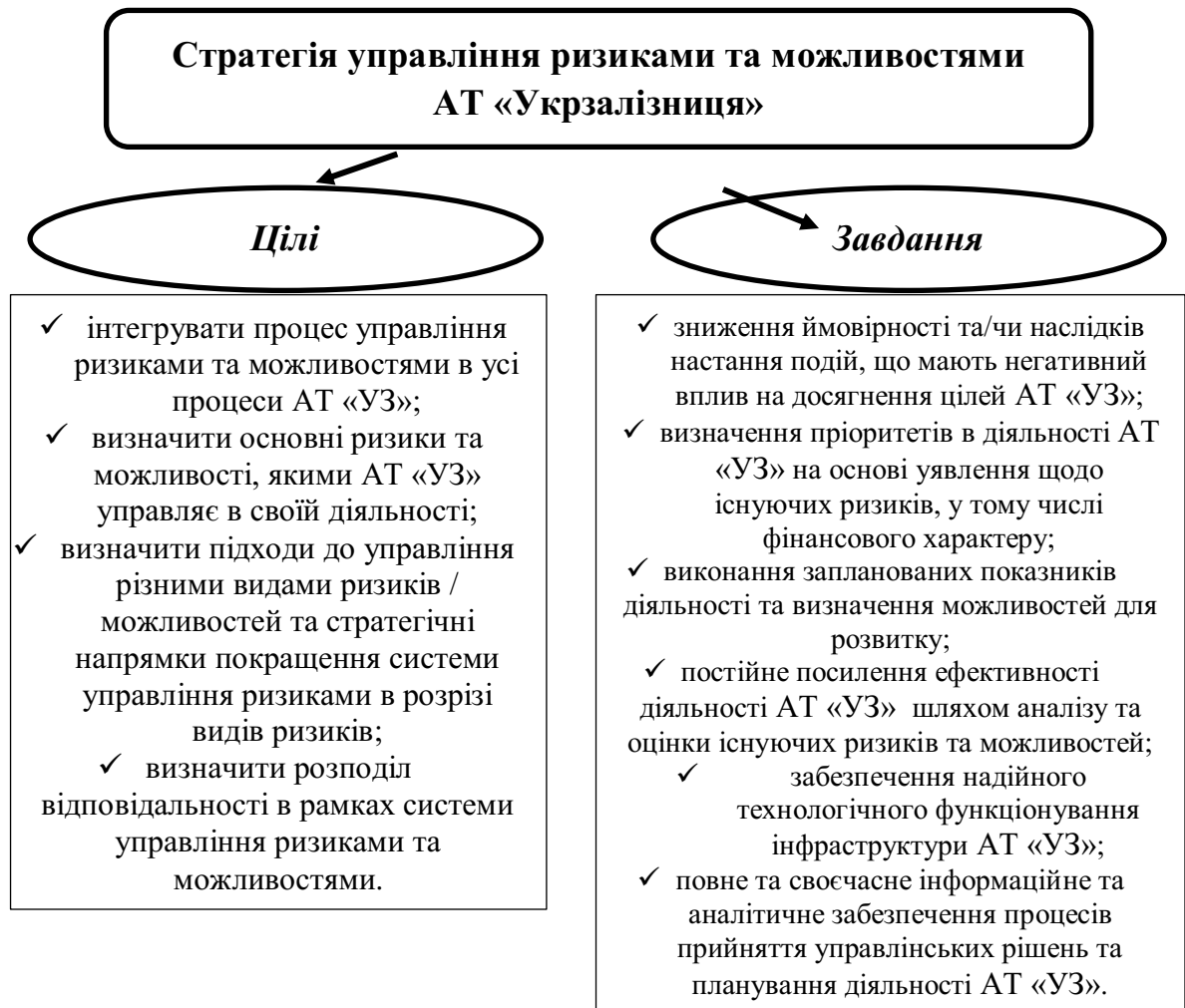


Рисунок 3.4 – Основні цілі та завдання Стратегії управління ризиками та можливостями АТ «Укрзалізниця»

Дана Стратегія визначає такі основні підходи до управління ризиками:

1. Класифікація ризиків, згідно з якою виокремлюють чотири ключові групи ризиків: стратегічні ризики, операційні ризики, фінансові ризики, а також юридичні, регуляторні та комплаєнс-ризики. Враховуючи предмет дослідження, в даному підрозділі будуть розглянуті саме операційні ризики.

2. Інструменти ідентифікації, оцінки та аналізу ризиків. З метою здійснення

ідентифікації, якісної та кількісної оцінки, аналізу ризиків передбачено застосування стандартизованих інструментів оцінки (у тому числі їх комбінацій), мінімальний перелік яких є наступним: мозковий штурм, сценарний аналіз стрес-тестування на основі сценарного аналізу (спеціалізоване та комплексне), аналіз гепів, аналіз чутливості, портфельний аналіз, система рейтингів, величина очікуваних кредитних збитків, величина під ризиком та величина очікуваних втрат, чиста теперішня вартість, дисконтований період окупності, внутрішня норма рентабельності, симуляція методом Монте-Карло, аналіз впливу на бізнес-процеси, аналіз доходів-витрат, мультикритеріальний аналіз, аналіз дерева рішень, аналіз дерева подій, аналіз дерева відмов, картографування ризиків, ведення реєстру подій ризику, упровадження ключових індикаторів ризику.

Як бачимо з даного переліку, для об'єктивізації віднесення тієї чи іншої надзвичайної ситуації до певної категорії досить часто беруться до уваги показники економічних збитків, адже такий підхід є більш об'єктивним та універсальним. Це пояснюється тим, що кінцевим результатом будь-якого порушення руху залізничного транспорту є фінансові витрати на ліквідацію його наслідків.

Результатом ідентифікації, оцінки та аналізу ризиків є висновки з оцінки ризиків (Risk opinions) – структуровані висновки чи формалізована позиція власників ризиків та спеціально створеного Офісу з управління ризиками (АЦУР).

3. Управління операційними ризиками. Згідно з Стратегією до операційних ризиків відносяться такі, що наведені у класифікаторі (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2

Класифікація операційних ризиків

Класифікатор операційних ризиків (ОР)	Найменування операційних ризиків (ОР)
1	2
ОР1	Технологічні ризики
ОР2	Ризики збою процесів
ОР3	Ризики шахрайства (внутрішнього та зовнішнього)

Продовження таблиці 3.2

ОР4	Ризики ІТ/ІТ безпеки
ОР5	Ризики, пов'язані з управлінням персоналом
ОР6	Ризики виникнення неочікуваної зовнішньої події
ОР7	Ризики пошкодження активів
ОР8	Ризики перебоїв в діяльності
ОР9	Ризики, пов'язані з аутсорсингом

Операційний ризик – це ймовірність виникнення негативних подій у процесі функціонування, помилок в організації процесів, збоїв, впливу зовнішніх факторів та навмисних та/або ненавмисних дій співробітників АТ «Укрзалізниця» або інших осіб.

Ідентифікація та оцінка операційних ризиків ґрунтується на аналізі всіх процесів діяльності АТ «Укрзалізниця», взаємодії з партнерами, персоналом, а також аналізу впливу зовнішніх подій на діяльність АТ «Укрзалізниця».

З метою управління операційними ризиками передбачається тісна взаємодія АЦУР з усіма структурними підрозділами АТ «Укрзалізниця», включаючи апарат управління, філії, відокремлені філії, ПрАТ [69].

Стратегічне бачення управління операційними ризиками згідно з [69] графічно представлено на рисунку 3.5.

4. Система оцінювання ризиків та можливостей. Згідно з Стратегією застосовується підхід до оцінки ризиків та можливостей на основі 5-бальної risk heat map – матриці співставлення ймовірності настання події, що призводить до виникнення ризику та оцінки рівня впливу. Тобто оцінка рівня ризику є добутком даних величин.

Рівень ризику та можливості розраховується в національній валюті шляхом оцінки потенційного впливу ризику / можливості на EBITDA (показник рентабельності прибутку до вирахування витрат за відсотками, сплати податків та амортизаційних відрахувань) та потоку грошових коштів (free cash flow – FCF). У випадку неможливості грошової оцінки (для нефінансових ризиків) застосовується бальна шкала оцінки на основі експертної думки оцінювачів (АЦУР та власників ризику).

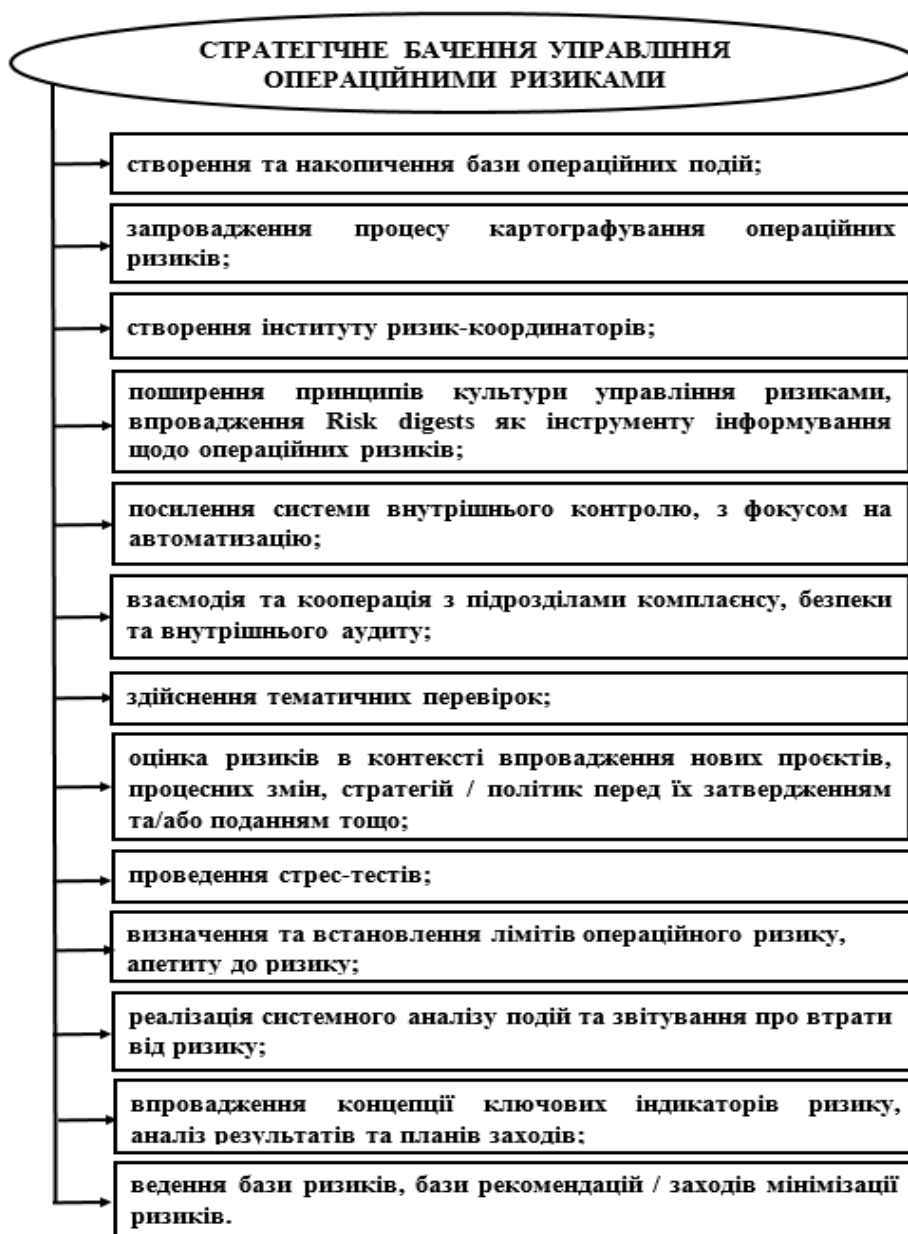


Рисунок 3.5 – Стратегічне бачення управління операційними ризиками в АТ «Укрзалізниця»

Для кожного ризику визначається рівень ризику – притаманний (найгірший сценарій) та залишковий ризик (оцінка сценарію після впровадження заходів по обробці ризику).

Під час оцінки ризику та можливості можуть застосовуватися різні сценарії (на основі симуляції методом Монте-Карло).

Кількісні значення рівнів впливу визначені на рисунку 3.6.

Отже, не дивлячись на суттєвий розвиток ризик-менеджменту на залізничному транспорті України, міжнародний досвід (аналіз якого проведено в першому розділі дисертації) свідчить про те, що перспективною стратегією боротьби з кризовими ситуаціями на залізничному транспорті в т.ч. має стати профілактика причин виникнення та розвитку кризових ситуацій, не допускаючи їх переростання в транспортні події. Тобто на зміну існуючому принципу «реагувати і виправляти» повинен прийти принцип «передбачати і попереджувати», який вимагає створення відповідної методики запобігання кризовим ситуаціям в контексті управління станом безпеки руху на залізничному транспорті.

Оцінка ймовірності		Оцінка впливу	
Бал	Діапазони ймовірності	Бал	Рівень ризику
1	0%-20% (VL)	1	Незначний (VL)
2	20%-40% (L)	2	Низький (L)
3	40%-60% (M)	3	Середній (M)
4	60%-80% (H)	4	Високий (H)
5	80%-100% (VH)	5	Критичний (VH)

Оцінка ймовірності	5	V	■	■	■	■	■
	5	H	■	■	■	■	■
	4	H	■	■	■	■	■
	3	M	■	■	■	■	■
	2	L	■	■	■	■	■
1	VL	■	■	■	■	■	
			V	L	M	H	V
			L	L	M	H	H
			1	2	3	4	5
			Оцінка впливу				

Рисунок 3.6 – Кількісні значення рівнів впливу

3.3 Розробка статистичної квазі-предиктивної методики управління безпекою руху на залізничному транспорті

В дисертаційній роботі запропоновано квазі-предиктивний підхід до управління технологічною безпекою як технологічним процесом. По суті він займає

проміжне місце між проактивною та предикативною стратегіями управління безпекою руху. Основою цього підходу стали два теоретичних підходи:

- метод виявлення прихованої статистичної закономірності – МСЗ (основні принципи якого, що були використані у дисертації, представлені у п.3.1);
- ризик-менеджмент з особливостями його використання в СУБР АТ «УЗ» (основні риси представлено у п.3.2).

Надалі цей підхід буде мати назву статистична квазі-предиктивна методика управління безпекою (скорочено – методика). Проаналізуємо ключові терміни у назві.

Статистична – означає, що методика відноситься до класу статистичних методів, тобто основаних на статистиці поведінки системи. Відомо, що статистичні методи є найбільш ефективними для управління великими складними масштабними людино-машинними системами, саме такою є залізнична компанія АТ «УЗ» в Україні.

Термін *квазі-предиктивна* – означає майже предиктивний (прогностичний). Це пояснюється тим, що МСЗ не можна назвати суто прогностичним методом. Але на основі принципу «вузького місця» МСЗ надає найбільш проблемні місця, де з великим ступенем імовірності може скоїтися збій або транспортна подія. Він не каже КОЛИ, але каже ДЕ. І на короткострокову перспективу МСЗ надає майже прогноз, тому й квазі-предиктив. Люди давно мріяли про те, чи можна точно передбачити аварію. І ця методика підводить мрію до реальності.

Методика – це процедура щодо будь-яких націлених дій. Відрізняється від методу конкретизацією прийомів та завдань.

Графічне уявлення методики у вигляді послідовності дій наведено на рис.3.7. Ця послідовність очевидно складається з етапів, порядок яких вказують номери відповідних блоків. Етапи 1-3 використовують принципи МСЗ «Виявлення закономірностей». Етапи 4-6 визначаються теорією ризик-менеджменту.

Розглянемо етапи методики на рис. 3.7.

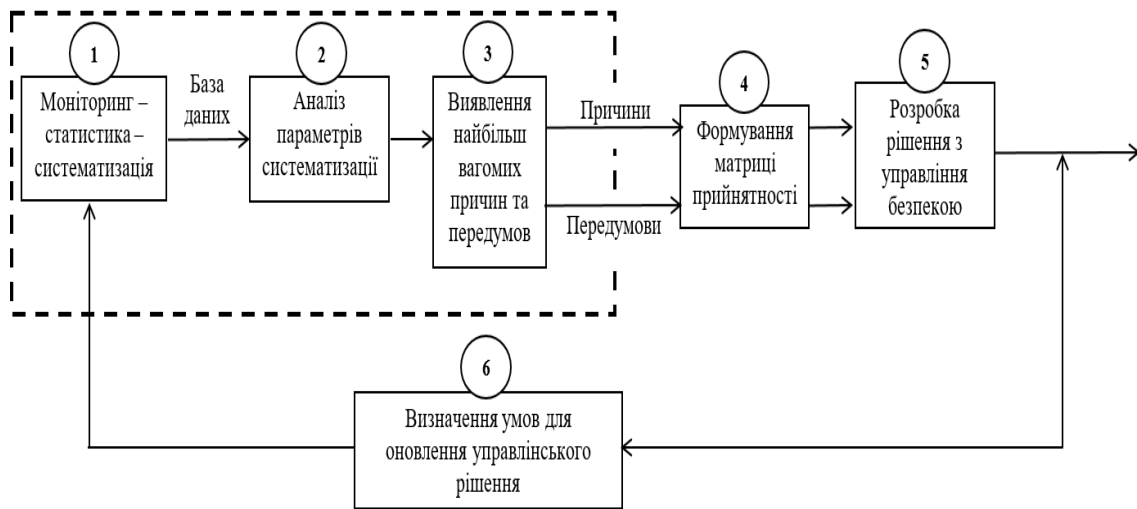


Рисунок 3.7 – Схема методу управління безпекою як технологічним процесом

Етап 1 – це моніторинг (безперервний контроль) стану безпеки відповідно існуючим регламентам та виявлення різного роду відхилень від регламенту (збої, помилки, відмови, виходи з ладу, транспортні події). Всі ці відхилення реєструються у спеціальних журналах на паперовому або електронному носії та складають статистику порушень безпеки. Бажано всю статистику по проблемі порушень безпеки інтегрувати, тобто звести до однієї інформаційної бази, але це на сьогодні нереально. Далі вся статистика систематизується відповідно правилам з пункту 2 п.3.1 цього розділу по всіх дев'яти або меншій кількості параметрів систематизації, наскільки дозволяє наявна статистика. Вихідним результатом етапу 1 буде база даних (БД) – таблиця, яка має кількість розділів-стовпчиків, що дорівнює кількості параметрів систематизації. Таким чином, може бути 4-5 параметрів систематизації та відповідно розділів бази даних. Не треба нічого додавати до статистики, бо буде порушено принцип достовірності та буде недовіра персоналу. Все повинно відповідати регламентам заповнення відповідних журналів. Дев'ять параметрів мають добре продумані регламенти, наприклад при розслідуванні транспортних подій на залізницях (катастрофи, аварії, інциденти).

Етап 2 – проводиться аналіз БД по параметру «ЩО». Для цього визначаються загальна кількість по кожній позиції класифікатора подій $p_i (i = \overline{1, N})$, де N – кількість позицій класифікатора подій. Поняття класифікатора визначається традиційно:

систематизований перелік найменованих об'єктів, кожному з яких у відповідність надано унікальний код. Далі визначаються вузькі місця по ознаці 1 (пункт 1 п.3.1 дисертації). Найбільш часті події очевидно складуть найбільшу кількісну характеристику за період аналізу. Таких вузьких місць може бути декілька (позначимо їх k , де $k < N$). Їх кількість можна визначити нормативом, наприклад 50-85% ваги всіх подій.

Етап 3 – складається з двох частин.

(А) по всіх k найбільш частих подіях визначаються причини по класифікатору причин та взаємоз'язку між класифікаторами, як показано на рис. 3.8. Направлена лінія вказує зв'язок відповідних позицій класифікаторів. З рис. 3.8 очевидно, що одна й та ж подія може мати декілька причин. Якщо кількісної характеристики зв'язку між позиціями класифікаторів не існує, то вона визначається за допомогою експертної оцінки.

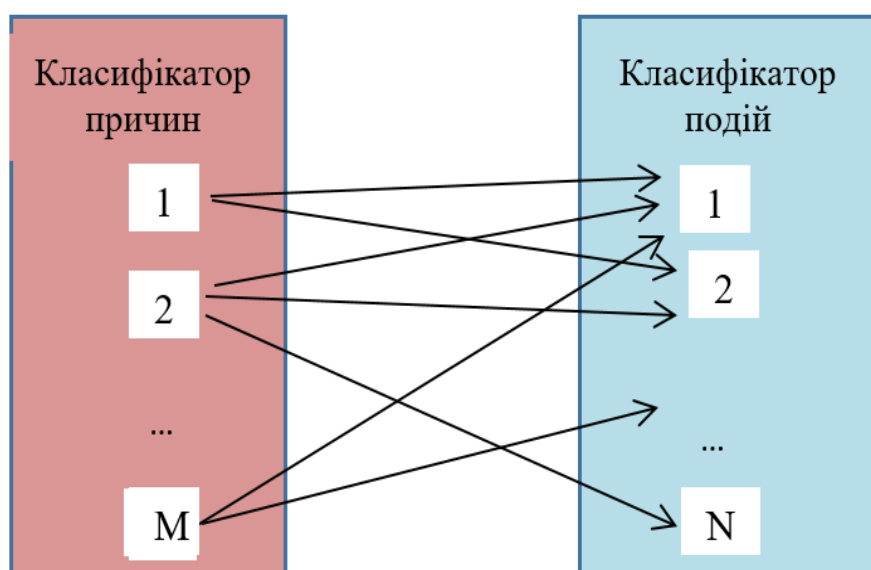


Рисунок 3.8 – Взаємозв'язок класифікаторів подій та причин

Для подальшої формалізації методу представимо взаємодію класифікаторів у вигляді матриці інцидентності $INC = \|\|inc_{ij}\|\|$ (табл.3.3).

Таблиця 3.3

Матриця інцидентності подій та причин

Події	Причини					
	1	2	...	j	...	M
1	inc_{11}	inc_{12}	...	inc_{1j}	...	inc_{1M}
2	inc_{21}	inc_{22}	...	inc_{2j}	...	inc_{2M}
...	
i	inc_{i1}	inc_{i2}	...	inc_{ij}	...	inc_{iM}
...
N	inc_{N1}	inc_{N2}	...	inc_{Nj}	...	inc_{NM}

Примітка: $inc_{ij} = 1$, якщо є зв'язок між i -ю подією та j -ю причиною; $inc_{ij} = 0$, якщо немає зв'язку між i -ю подією та j -ю причиною.

Далі по всіх l причинах, які пов'язані з всіма k найбільш частими подіями, вибираються найбільш вагомні відповідно ознаці 1 (пункт 1 п.3.1). Нехай їх буде l ($l \leq M$). Нехай їх буде l_0 ($l_0 \leq l \leq M$). Це й є «вузькі місця»-причини. l_0 також можна визначати з умови 85% і більше загальної суми проявів l причин.

Всі ці l_0 причин є виходом етапу 3. Але не тільки.

(Б) Справа в тому, що причини у транспортних подіях носять техніко-технологічний характер, і тому досить часто є випадковими як по локалізації, конкретній людині, підрозділу, технічній одиниці. Тому будувати тактику попередження порушень безпеки по причинах не є продуктивним зважаючи на їх випадковості. Тому в роботі практично вводиться поняття «передумова» або базова причина. Передумова відноситься до організації перевізного процесу. Проф. Д.Петерсен стверджує (див. розділ 1 дисертації) [27]: будь яке порушення безпеки – це перш за все недолік системи управління підприємством. Для визначення дійсного недоліку системи управління пропонується використовувати поняття «передумова» або базова причина, що знаходиться в організаційній сфері, тобто у сфері організації технологічного процесу.

Для врахування передумов необхідно мати класифікатор передумов і відповідні зв'язки між l_0 найбільш вагомими причинами та позиціями класифікатору передумов (рис. 3.9).

Причини порушень, як правило, відомі та визначені різного роду документами. Для визначення передумов потрібно мати відповідний класифікатор. Його було розроблено науковою групою під керівництво проф. В. Самсонкіна в УкрДУЗТ на початку 90-х років ХХ століття. В цій роботі класифікатор передумов було оновлено, що представлено у розділі 4.

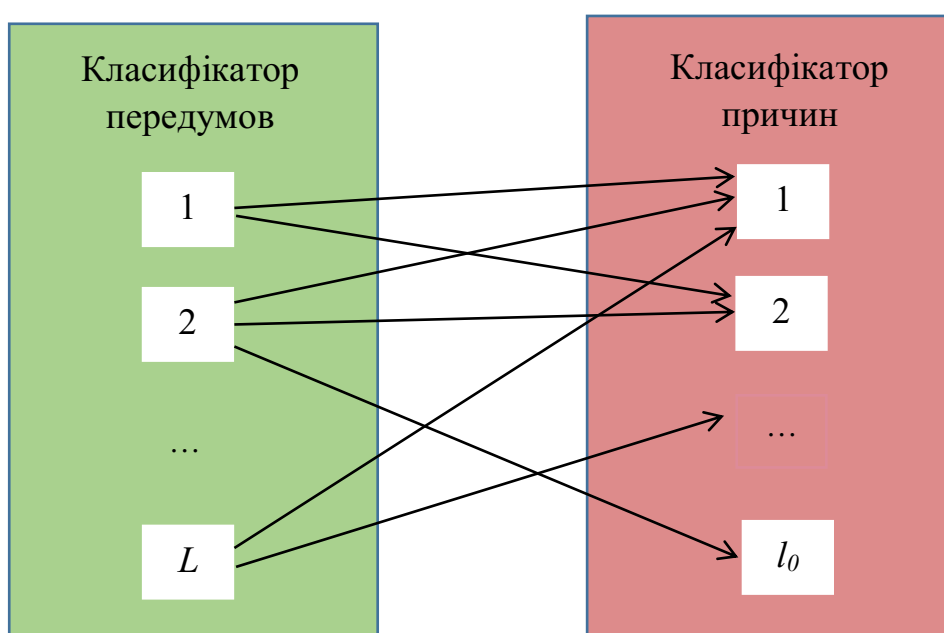


Рисунок 3.9 – Взаємодія причин та передумов

І далі аналогічно до п. (А) цього етапу знаходимо передумови, які мають найбільшу вагу. Нехай їх буде n_0 .

Таким чином, виходом етапу 3 є l_0 причин та n_0 передумов, які й є ризиками.

Етап 4 – матриця прийнятності ризику визначається відповідно [2] для причин та/або передумов наступним чином. Спочатку експертним шляхом визначається імовірність кожного з l_0 ризиків-причин та n_0 ризиків-передумов по табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Визначення градації імовірності ризику

Імовірність виникнення ризику	Пояснення	Градація (ступінь) ризику	Практично розумні значення частоти: 1 раз на ...
Часто	Трапляється дуже часто	5	тиждень
Періодично	Трапляється інколи	4	місяць
Рідко	Імовірність виникнення мала	3	квартал
Малоймовірно	Імовірність виникнення дуже мала	2	рік
Майже неможливо	Імовірність виникнення майже неможлива	1	життєвий цикл

Таким чином, кожний з l_0 ризиків-причин отримує перший ідентифікатор: від 1 до 5.

Потім визначається серйозність ризику відповідно до даних табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Визначення серйозності ризику

Серйозність наслідків	Імовірні наслідки	Градація (рівень) ризику
1	2	3
Катастрофічна	– значні людські жертви; – знищення обладнання, майна.	A
Небезпечна	– серйозні тілесні ушкодження; – значне пошкодження обладнання та/або майна; – серйозне зниження рівня безпеки руху, настання фізичного стресу чи такого робочого	B

Продовження таблиці 3.5

1	2	3
	навантаження, коли немає впевненості в правильному і повному виконанні завдань персоналом підприємства.	
Значна	– аварія; – незначні тілесні ушкодження; – суттєве зниження рівня безпеки руху, зниження можливостей персоналу підприємства справлятися з несприятливими експлуатаційними умовами внаслідок збільшення робочого навантаження чи виникнення умов, що знижують ефективність їхньої роботи.	С
Незначна	– інцидент; – пошкодження; – виробничі обмеження.	Д
Несуттєва	несуттєві наслідки.	Е

Відповідно кожний з l_0 ризиків-причин отримує другий ідентифікатор: від А до Е.

Таким чином, кожний ризик отримує індекс від 5А до 1Е. Потім формується матриця прийнятності ризиків, з якої відповідно до моделі ALARP кожний ризик відноситься до однієї з трьох зон відповідно табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Зони ризику відповідно до моделі ALARP

Індекс ризику	Зона ризику
1	2
5А, 5В, 5С 4А 4В, 3А	Неприйнятний за даних умов
5D, 5E, 4C, 4D, 4E	Прийнятний з урахуванням заходів щодо зменшення

Продовження таблиця 3.6

1	2
3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C	
3E, 2D, 2E, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E	Прийнятний

Етап 5 – присвячений розробці проекту керівного рішення щодо управління ризиками. Це можуть бути різні форми: план заходів, спеціальний наказ, експертні оцінки. В даній роботі таке рішення пропонується у формі дорожньої карти (табл. 3.7), як стисла та інформаційна форма.

Таблиця 3.7

Дорожня карта забезпечення на основі ризик-менеджменту

Ризики	місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
	Ділянки											

Етап 6 – визначення умов циклічності або позачерговості для оновлення управлінського рішення. Відповідно до принципів ризик-менеджменту процедури виявлення небезпечних факторів або загроз працюють постійно, періодично (циклічно) визначаються ризики і формується матриця прийнятності ризиків (табл. 3.6), процедура якої описана у етапі 5. Відповідно циклічно переглядається й дорожня карта. Але можливі й позачергові перегляди дорожньої карти, це відбувається у таких випадках:

- збільшення кількості відмов або транспортних подій з невстановлених причин;
- плануються заміна персоналу підприємства, основного обладнання, систем;
- під час значних організаційних змін.

Таким чином, коли відбуваються умови циклічності або позачерговості, запускається механізм методики, починаючи з етапу 1, як це показано на рис. 3.7.

3.4 Формалізація процесу управління безпекою на основі поняття норми поведінки

МСЗ використовує спосіб управління на основі поняття норми поведінки об'єкта управління [52, 57].

На рис. 3.10 показана схема управління процесом з використанням поняття норми поведінки, що було розвинуто автором. Сутність норми описано достатньо у працях В.А. Друзя та В.М. Самсонкіна [52, 57]. В цих роботах норма розглядається як функціональний оптимум і належним чином описана в [72]. Ці напрацювання використано у даній дисертації.

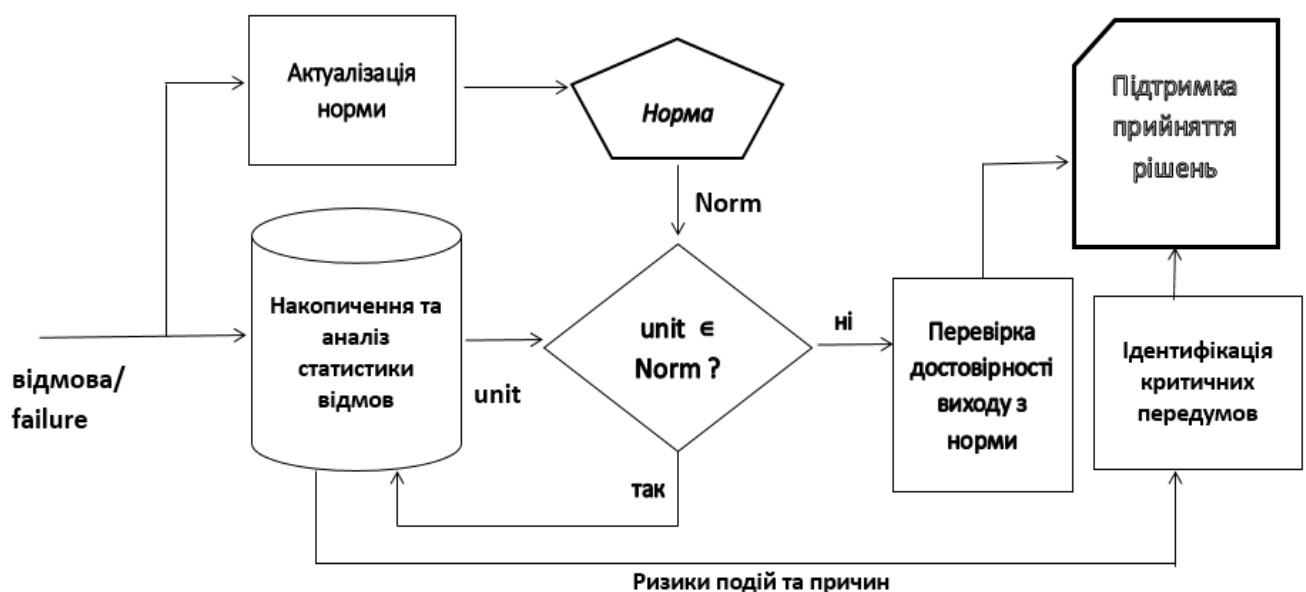


Рисунок 3.10 – Структура управління процесом на основі норми поведінки системи

Розглянемо зміст блоків та їх входів/виходів, які надані на рис. 3.10.

Вхідний сигнал «Відмова» – наявність зафіксованих збоїв/порушень/відмов технічних та організаційних регламентів. На залізничному транспорті є багато джерел, де фіксуються різного роду порушення. Це електронні засоби або паперові журнали реєстрації транспортних подій у департаменті безпеки руху, збоїв технічних засобів у дистанціях та службах залізничної автоматики, колії та енергозабезпечення, відмов технічних засобів тягового рухомого складу у локомотивних депо, порушень технологічних процесів поїзної або маневрової роботи станцій, та ін..

Вхідний сигнал «Відмова» означає одиночний запис. Він є фундаментом для здійснення (а) накопичення та аналізу статистики відмов і (б) актуалізації норми поведінки об'єкту дослідження. Функції (а) і (б) ініціюються паралельно після виникнення інформації про відмову.

Блок «Накопичення та аналіз статистики відмов» виконує функції формування бази даних відмов, їх накопичення, зберігання та мультивекторного аналізу. Перш за все, кожна відмова проходить систематизацію її суті шляхом відповіді на дев'ять питань (будемо називати їх параметрами систематизації, або параметрами, або $par^{(i)}$), які повністю характеризують відмову. Сутність систематизації описано у п.3.1. Систематизована відмова додається до бази даних параметрів систематизації, яка постійно оновлюється після кожної відмови.

І далі проводиться мультивекторний аналіз бази даних параметрів відмов на виявлення закономірностей по принципу «вузьких місць» самоорганізації [52, 57] по одному/двом/трьом параметрам з дев'яти, як це показано на рис. 3.11.

Такі графічні побудовання дають змогу наочно виявляти закономірності або вузькі місця процесу по статистиці відмов. Вузьке місце (англійською – bottleneck) – це найбільш проблемне (ненадійне, небезпечне, незручне) місце в технологічних процесах. Для підвищення ефективності процесу чи системи слід вирішити визначену проблему, тобто «розшити вузьке місце». Сутність управління на основі принципу вузького місця – це визначення локації найбільш ефективного вкладання фінансових та інших ресурсів у забезпечення необхідного рівня ефективності (надійності,

безпеки, тощо). Це відомо досить давно. Але у даній дисертації визначені ознаки вузького місця, які описані у п.3.1 дисертації (рис.3.1 та 3.2).

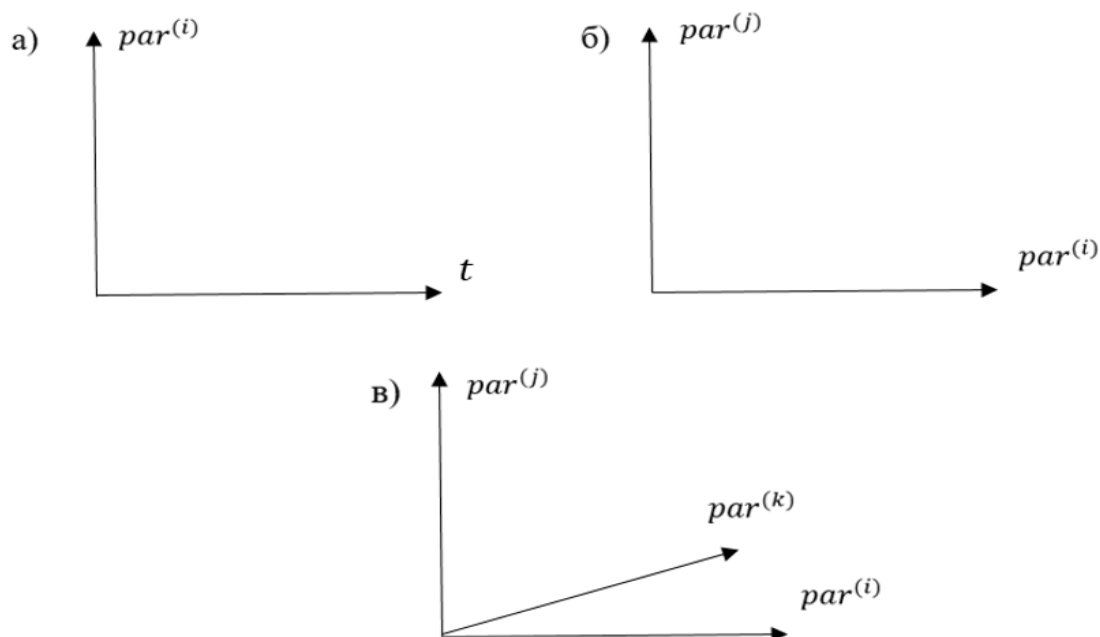


Рисунок 3.11 – Види аналізу параметрів відмов: а) динаміка зміни параметру $par^{(i)}$, $i = \overline{1,9}$; б) у площині двох параметрів; в) у просторі трьох параметрів

Один з векторів аналізу – пошук закономірностей як у динаміці одного параметру у часі, так і в просторі двох або трьох параметрів: де саме найбільш часто має місце та чи інша подія або причина, де саме та в який час або сезон має місце та чи інша причина або подія, і т.і.. Це треба робити на основі графічно-геометричних побудовань на зразок рис. 3.10.

Другий вектор аналізу – це визначення найбільш вагомих причин та передумов відмов. Спочатку проводиться аналіз закономірностей подій відмов, виявлення вузьких місць подій. Якщо прояви деякої події явно більші за прояви інших, то встановлюються причини, які є визначальними у виникненні даної події. Причому аналіз випадків порушень безпеки руху на сьогодні проводиться на основі такої формули причинно-наслідкових зв'язків: «ПРИЧИНА – ПОДІЯ». Це класична схема причинно-наслідкових зв'язків.

До речі, вузьких місць-подій та вузьких місць-причин може бути, навіть повинно бути, декілька. І всі вони повинні розглядатися.

Як було визначено вище, для визначення дійсних недоліків системи управління пропонується використовувати поняття «передумова» або базова причина, що знаходиться в *організаційній сфері*. І тепер формула причинно-наслідкових зв'язків матиме новий вигляд: «ПЕРЕДУМОВА – ПРИЧИНА – ПОДІЯ».

Вихід «Ризику подій та причин» – це вузькі місця події та причини всієї статистики відмов на початок періодичного контролю стану безпеки.

Вихід «unit» означає сукупність відмов за період контролю стану безпеки, наприклад за місяць. У реальності період повинен бути затвердженим регламентом компанії.

Блок «Актуалізація норми» пов'язаний з тим, що поведінка системи постійно змінюється у зв'язку зі зміною ресурсної складової (техніка, технологія, люди) та середовища. Змінюється й норма поведінки, як усереднена форма поведінки системи. Це іноді виходить непомітно, тим не менш вимагає постійного оновлення чи модернізація норми. В даній роботі норма розуміється як функціональний оптимум, тобто набір дій, які є найбільш раціональними з точки зору витрат енергії та ресурсу. Норма розглядається у наступному блоці.

Блок «Норма» – встановлена норма поведінки системи.

Термін «норма» має ключовий характер у МСЗ [52]. Цей термін широко використовується у природничих, соціальних, технічних науках. Сьогодні немає усталеного поняття норми. Середньостатистична (популяційна або «узагальнена») норма для сукупності явищ, об'єктів або людей не може відповідати нормі окремого реального об'єкта або людини.

Функціональна доцільність досягнення кінцевого результату процесу формує стереотип поведінки системи за стійких відносин із середовищем або норму поведінки. Зміни відносин із середовищем призводять до еволюції системи. У разі втрати стійкості система трансформується чи руйнується. У цьому зникає її впорядкованість у середовищі.

Норма визначає характеристику параметру кінцевого результату на основі статистики цього параметру. Норма – це і процес, і кількісна характеристика. Але у кількісному плані це не число, а відрізок значень параметру кінцевого результату від мінімального до максимального в різних станах системи. В даній праці під параметром кінцевого результату розглядається статистика відмов технологічного процесу.

Управління безпекою вимагає знання стану та рівня надійності кожного компонента. Це вимагає запровадження міри або шкали ризику виникнення аварії. На рис. 3.12 [52] у графічному вигляді показана шкала безпеки: вісь абсцис ($sost$) – стан безпеки системи, вісь ординат (P) – щільність імовірності системи бути в тому чи іншому стані. Функція $P(sost)$ визначається нормальним законом розподілу. Центр розподілу відповідає стану «норма». Цей стан відповідає умовному нулю, як видно з рис. 3.12 вісь станів має позитивну та негативну піввісі. Позитивна піввісь – це покращення стану безпеки, негативна – погіршення.

На позитивній піввісі показано три стани поліпшення стану безпеки («надійність», «впевненість», «гарантія»), які знаходяться від центру розподілу на відстані σ , 2σ та 3σ відповідно, де σ – це стандартне відхилення нормального розподілу. Стан «абсолютна гарантія» має імовірність майже 0.

На негативній піввісі також показано три стани, але вже погіршення стану безпеки («напруженість», «збої», «серйозні збої»), які знаходяться від центру розподілу на відстані $-\sigma$, -2σ та -3σ відповідно, де σ – це стандартне відхилення нормального розподілу. Стан «колапс» має імовірність майже 0, це повний колапс системи.

Дві гіперболи під нормальним законом розподілу описують час роботи системи у відповідному стані. Час роботи у стані норми – майже безкінечний, а у крайніх станах – майже нульовий.

Існують дві точки («Напруженість» та «Надійність»), робота за межами яких стає збитковою. Вони відповідають точкам перегину нормальної кривої, тобто $m \pm \sigma$, де m – математичне очікування нормального розподілу, а σ – стандартне відхилення (с.к.в.), що було сказано вище. Відстань між цими точками визначає зону

функціонального оптимуму, коли вдається зберегти рівність придбань і втрат. Наближення до цих точок з боку норми має викликати тривогу та вжиття заходів для стабілізації стану.

Цей факт дозволяє встановити стан у ланках залізничної системи, у якому необхідно застосовувати заходи підвищеної стурбованості. За межами цих точок спостерігається неузгодженість між можливостями та потребами галузі, окремої її ланки чи ділянки.

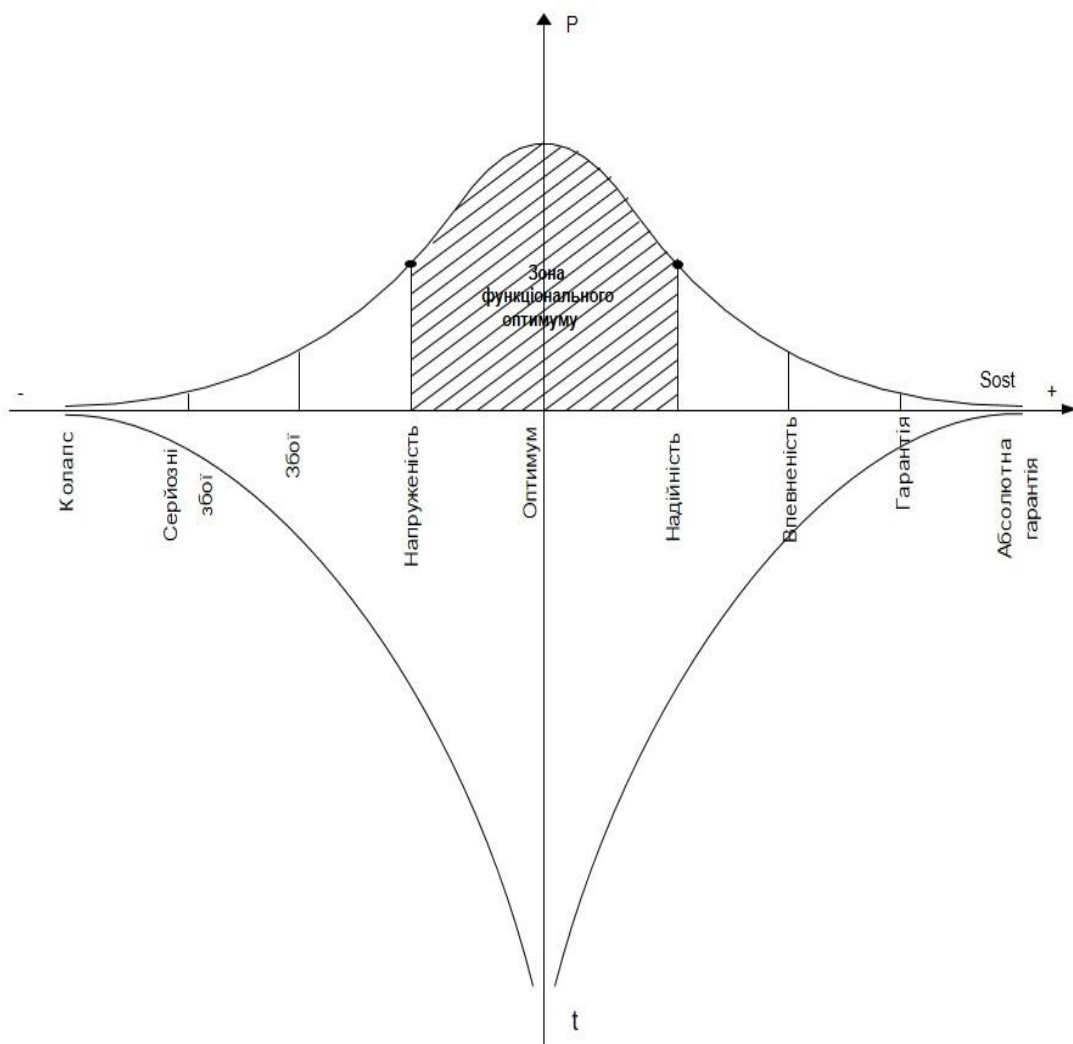


Рисунок 3.12 – Шкала безпеки технологічного процесу або системи

Норма (*норма поведінки системи*) – це:

а) процес, який визначає оптимальний режим функціонування системи у взаємодії із середовищем, тобто її функціональний оптимум;

б) інтервал оптимального функціонування системи з плаваючими межами/кордонами, у яких зберігається оптимальний зв'язок системи із середовищем та узгоджене виконання всіх її функцій.

Межі варіації параметра кінцевого результату можуть статистично характеризувати норму, як це показано на рис. 3.13.

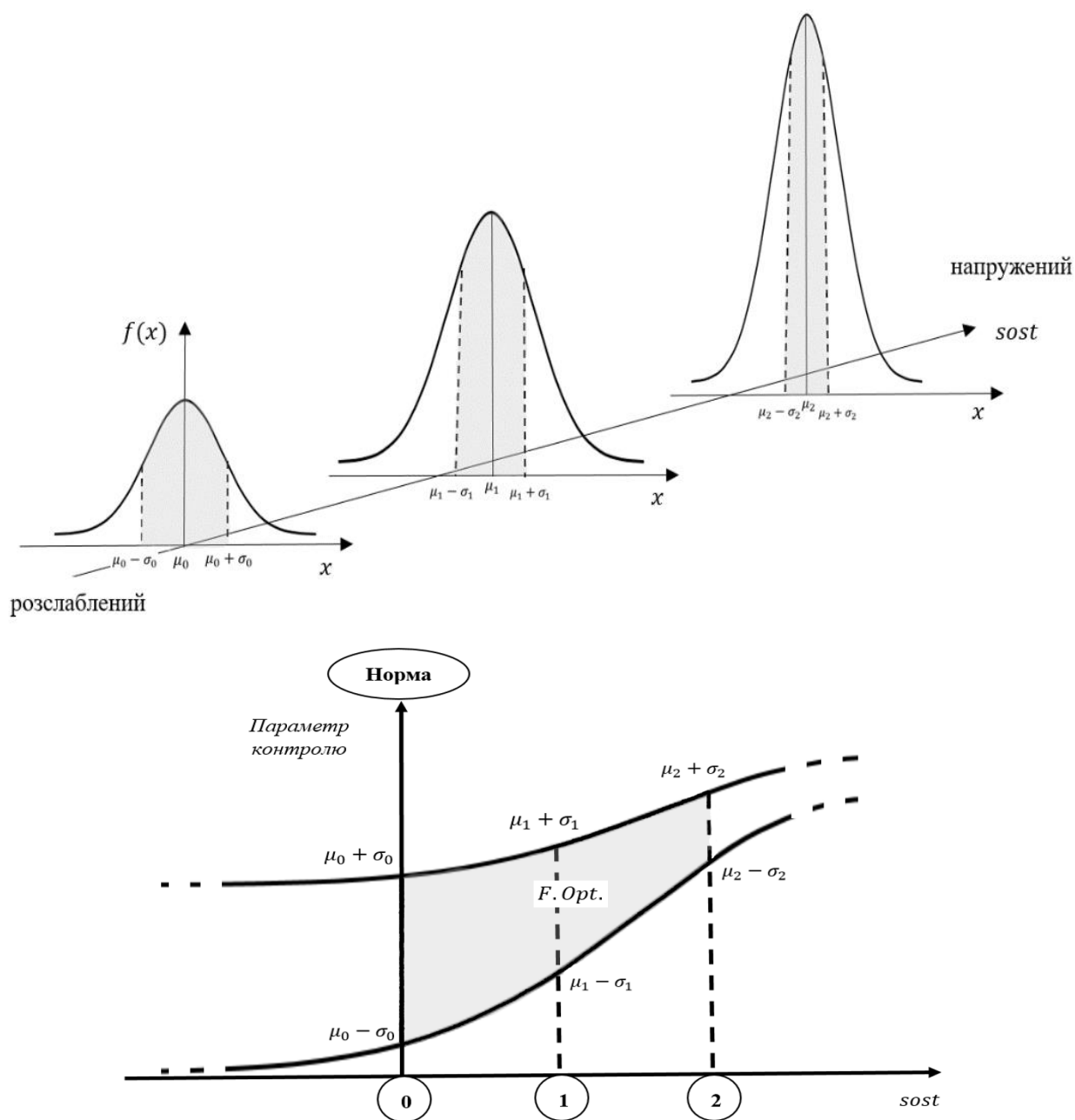


Рисунок 3.13 – Варіація дисперсії/с.к.в. в залежності від стану системи

Як видно з рис. 3.13, при зростанні напруження (або розслабленості) системи с.к.в. зменшується. Рис. 3.13 носить якісний характер, але він підтверджений багатьма

дослідженнями [72]. Необхідно звернути увагу також на девіацію центру розподілу. У нижній частині рис. 3.13 показано правило формування функціонального оптимуму з с.к.в. системи у різних станах.

Керування з урахуванням норми – це постійне уточнення меж та центру функціонального оптимуму в міру накопичення статистичних даних про параметр контролю стану.

Норма схильна до впливу середовища існування і тому змінюється протягом життєвого циклу. Аналізуючи місце знаходження норми, величини дисперсії та швидкості їх зміни, можна прогнозувати стан системи та визначати її адаптивні можливості.

Залежність дисперсії від функціонального стану дозволяє розглядати її як критерій оцінки індивідуальної норми системи та ступеня напруги. Тут варто відмітити, що при зростанні напруженості у стані системи чи процесу дисперсія зменшується, про що було сказано вище.

Оригинальна точок перегину розподілів варіації при різних напруженнях також є нормальною кривою [72], яка описує залежність с.к.в. варіації параметру кінцевого результату в залежності від напруження.

Блок «*unit* \in *Norm* ?» – визначення чи статистика відмов за останній період часу (*unit*) знаходиться в межах встановленої норми (ФО). Таким чином, необхідно уточнити, що термін *Norm* потрібно розглядати як функціональний оптимум.

В залежності від відповідності чи невідповідності наявного стану системи до норми як функціонального оптимуму (варіант «так» чи «ні») реалізуються такі дії:

– вихід «так», тобто кількість подій відмов за одиницю часу відповідає ФО. В даному випадку нічого не потрібно змінювати у системі, і управління передається на блок «Накопичення та аналіз статистики відмов»;

– вихід «ні» означає, що стан системи не відповідає функціональному оптимуму поведінки системи чи процесу. В цьому випадку керівництву впроваджувати дії для повернення у зону функціонального оптимуму. Але оскільки вихід за межі норми може носити недостовірний характер треба перевірити достовірність того, що система знаходиться не в нормі.

Для цього передбачається блок «Перевірка достовірності виходу з норми». У дисертаційній роботі пропонується процедура перевірки достовірності стану із багаторівневим рішенням. Ця процедура пов'язана із застосуванням контрольних карток Шухарта [73] у частині, які названі «Перевірка структур на особливі причини». Вибір контрольних карток Шухарта пояснюється кількома складовими подібності цього методу з об'єктом дисертаційного дослідження в частині: процесу – контроль стану продукції за параметрами контролю (приймається випадковою величиною), закону розподілу щільності ймовірності параметра контролю – нормальний закон або закон Гауса. Для інтерпретації ходу контролю Шухарт застосував вісім додаткових критеріїв, з яких у дисертації використано три. Вибір саме цих трьох критеріїв пов'язаний з оперативним характером вирішення питань з безпекою руху.

У розробленій моделі умови карток Шухарта використовуються в тому випадку, якщо стан системи або процесу не відповідає ФО. Опишемо правила відповідно до обраних трьох критеріїв Шухарта.

Правило 1: Одне значення $unit$ поза межами інтервалу $[-3\Sigma, +3\Sigma]$. Це дуже рідкісна подія. Відомо, що його ймовірність становить 0,0027 (0,27% генеральної сукупності). Це може бути неприпустима (катастрофічна) зміна стану системи чи процесу, незвичайне явище довкілля, військові дії, руйнація інфраструктури, загалом форс-мажорні обставини. У будь-якому випадку цей факт потребує негайного втручання залежно від результату контролю.

Правило 2: Два з трьох послідовних значень $unit$ знаходяться в інтервалі $[+2\Sigma, +3\Sigma]$ або $[-2\Sigma, -3\Sigma]$. Ймовірність такої події дорівнює 0,0428 (або 4,28%). Можливі причини: неадекватність поведінки персоналу, втрата неспання, кібератаки, випадкові викиди.

Правило 3: Чотири з п'яти послідовних значень $unit$ знаходяться в інтервалі $[+\Sigma, +3\Sigma]$ або $[-\Sigma, -3\Sigma]$.

Такий стан справ можна трактувати як початок виходу зі стану ФО і це має турбувати керівництво системи або процесу.

Критерій при перевірці по трьох правилах Шухарта: якщо хоча б одне правило працює, то вихід за межі ФО є достовірним.

Блок «Ідентифікація критичних передумов» передбачає визначення передумов збоїв. Про передумови та їх необхідність було написано у блоці «Накопичення та аналіз статистики відмов» цього підрозділу. Критичними названі передумови, які відповідають принципу «вузького місця» (п.3.1) та є якісно більш вагомими. Критичних передумов може бути декілька.

Входами блоку «Підтримка прийняття рішень» є інформація про достовірність виходу з ФО та перелік критичних «звичайних втрат» поточних порушень. Головне завдання цього блоку – розробка заходів щодо профілактики причин та передумов порушень безпеки руху. Суть цього блоку у тому, що персонал зосереджується у своїй діяльності на реалізацію об’єктивно проблемних місць у діяльності системи або процесу.

Висновки до розділу 3.

1. Концепція безпеки в АТ «УЗ» належить до типу перехідних: від реактивної – орієнтованої на усунення причин подій, які відбулися – до проактивної.
2. Теоретичною базою розробок розділу стали Метод виявлення прихованих статистичних закономірностей та ризик-менеджмент. Положення ризик-менеджменту викладено у відповідності до особливостей його застосування в АТ «УЗ».
3. Розроблено вперше статистичну квазі-предиктивну методику управління процесами забезпечення в транспортних системах, яка передбачає шість етапів (рис. 3.7). На першому етапі методика застосовує теоретичні положення Методу виявлення прихованої статистичної закономірності, на другому – положення ризик-менеджменту.
4. Формалізовано спосіб управління безпекою технологічних процесів та систем на основі норми поведінки. Під нормою розглядається функціональний оптимум поведінки, який формується у процесі діяльності.

5. Формалізовано шкалу станів безпеки для визначення інтегрального стану безпеки у процесі чи системі.

6. Передбачено адаптацію (актуалізацію) норми поведінки у ході функціонування процесу або системи.

Основні наукові результати третього розділу опубліковані в працях авторки [11, 50, 111, 112, 131, 136-138].

4 ЗАСТОСУВАННЯ КВАЗІ-ПРЕДИКТИВНОЇ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ УБЕЗПЕЧЕННЯМ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ У ГОСПОДАРСТВІ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ ЗАЛІЗНИЦІ

Даний розділ присвячений практичній реалізації розробленої квазі-прогностичної методики управління станом безпеки руху на залізничному транспорті (у відповідності з проведеними дослідженнями та розробками в третьому розділі дисертації).

4.1 Постановка експерименту на реальних даних відмов служби сигналізації та зв'язку РФ «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця»

Основою експериментального дослідження стала база даних статистики технічних відмов та збоїв у дистанціях сигналізації та зв'язку Регіональної філії «Південна залізниця» Акціонерного товариства «Українська залізниця» з 13.06.2018 по 29.12.2019 роки [76], тобто за 1,5 роки. Це реальні дані. Представлена база у середовищі Microsoft Excel. Всього в базі даних присутні 335 подій технічних відмов та збоїв, які представлені в табличній формі.

В табл. 4.1 представлений фрагмент бази даних, що наданий з метою визначення структури бази даних.

Таблиця 4.1

Фрагмент бази даних відмов

№	Назва відмови (ЩО)	Коли відмова трапилась (КОЛИ)		Локалізація відмови (ДЕ)		Причина відмови (ЧОМУ)	
		дата	час	станція	дільниця	назва	перегін
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Несправжня зайнятість рейкового кола --- с.у.15 --- несправжня зайнятість I ділянки віддалення ст. Покотилівка по непарній колії перегону Покотилівка -Мерефа.	13.06.2018	04:00		Лозова - Харків-Пас.	Рейкові кола (колійні елементи рейкових кіл) \ Несправжня зайнятість рейкових кіл \ Ш \ Інше --- закорачування довгої ДТ перемички на рейку живильного кінця р.к. I ділянки віддалення біля с.у.15.	Мерефа - Покотилівка
2	Несправжня зайнятість рейкового кола --- с.у.7 --- Несправжня зайнятість 1,2 ділянки віддалення по непарній колії станції Лозова	15.06.2018	03:11	Лозова	Лозова - Харків-Пасажирський	Стативи, релейні шафи, колійні, трансформаторні, стрілочні, кабельні ящики \ Релейні шафи \ Інше --- Під час грозового розряду вихід з ладу розрядника РВНШ-250 (№ 1535, перевірка КВП - 27.07.17р, 1985 рік випуску) та трансформатора СОБС -2 (№9196, перевірка КВП - 28.11.12р, 1970 року випуску) у релейній шафі С/У №7.	Колійний пост 939 Км - Лозова

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Несправжня зайнятість рейкового кола на 161 км 8 пк поїзд № 711 HRCS2 № 9 ТЧМ Кіраєв ТПС (УЗШК) --- с.у.9 --- При дозволяючо му показанні СУ№9 та СУ№7 на локомотивн ому свштлофорі червоний вогось, при швидкості 20 км/год	16.06.2018	18:2 8		Красноград - Лозова	Інші --- Причиною послужив вихід з ладу терміналу та ПЗП на платі ССМ релейного контролера №3 в модульному приміщенні 165 км.	Орілька - Гражданс ький (Рзд)
...

4.2 Виявлення причин-ризиків технічних відмов

Експериментальне дослідження проведемо відповідно до розробленої у п.3.3 квазі-предиктивної методики та її послідовності (рис. 3.7).

Етап 1 вже був реалізований шляхом надання авторам статистичної бази відмов [76].

Етап 2. В табл. 4.2 представлені результати прояву подій статистики відмов відповідно існуючому у службі сигналізації та зв'язку класифікатора подій. В роботі запропонований згрупований класифікатор подій по технологічному типу (табл. 4.3). Принципи формування згрупованого класифікатора показано кольором. Відсутність кольору відноситься до позиції «Інше» у табл. 4.3.

Для наявності та обізнаності на рис. 4.1 надана діаграма проявів подій збоїв обладнання систем сигналізації згрупованого класифікатора (табл. 4.3). З рис. 4.1 стає зрозумілим, що більше 80% складають три види відмов: рейкових кіл, світлофорів та стрілок. Це підтверджує існуючу проблему обслуговування технічних засобів у господарстві сигналізації.

Таблиця 4.2

Існуючий класифікатор подій

Назва події	Кількість випадків у статистиці відмов
Несправжня зайнятість рейкового кола	119
Перекриття світлофора з дозволяючого показання на забороняюче	36
Інше	33
Неможливість відкриття або закриття світлофора	29
Неможливість переведення стрілки	25
Відсутність будь-якого показання на світлофорі (згаслий)	20
Втрата контролю положення стрілки	20
Неможливість зміни напрямку руху на перегоні	13
Відмова пристроїв живлення	11
Невідповідність показань світлофора стану рейкового кола, яке він огорожує	8
Неможливість встановлення маршруту	5
Відмова органів управління та контролю	4
Збій кодів АЛС	3
Невідповідність показань світлофора/маршрутного показчика	3
Неможливість управління/контролю підпорядкованим роздільним пунктом (районом) за допомогою пристроїв дистанційного управління	3
Несправність пристроїв на перегоні за інформацією станційних контрольних приладів (за індикацією на апараті управління)	2
Неможливість встановлення маршруту, відкриття світлофора	1
Неможливість розмикання маршруту (автоматичного, штучного)	1
Несправність переїзного світлофора	1

Таблиця 4.3

Згрупований класифікатор подій

Назва події	Скорочення	Кількість випадків у статистиці	Відносна частота, %
Несправжня зайнятість рейкового кола	РК	118	36
Невірні показники світлофору	Св.	97	30
Несправність стрілки	Стр.	45	14
Інше	Ін.	33	10
Неможливість встановлення/розмикання маршруту	Марш.	20	6
Відмова пристроїв живлення	Живл.	11	4
ВСЬОГО		324	100

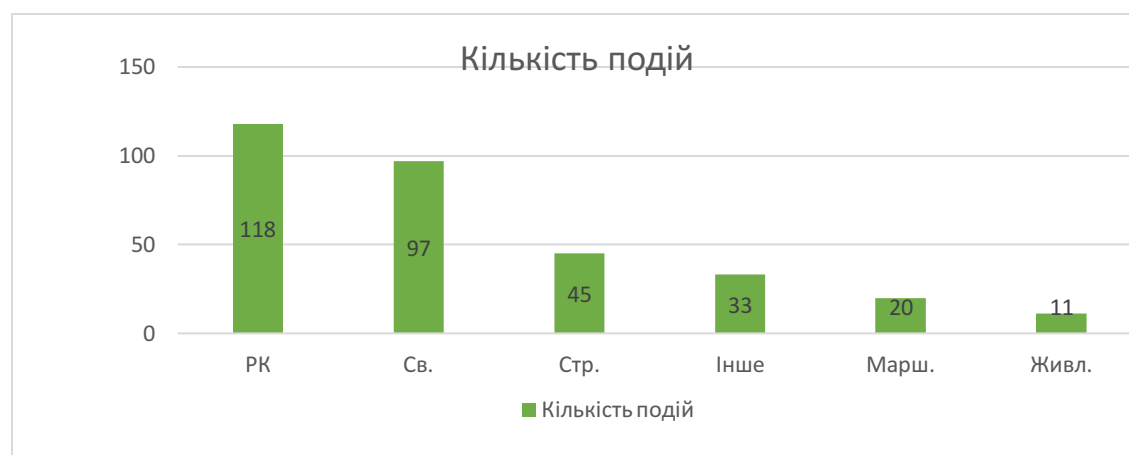


Рисунок 4.1 – Частота прояву подій технічних збоїв у службі сигналізації та зв'язку Південної залізниці за період 13.06.2018 – 29.12.2019 рр.

На рис. 4.2 представлена діаграма прояву подій технічних збоїв за період 13.06.2018 – 29.12.2019 рр.

Аналіз динаміки збоїв на рис. 4.2 вказує на відсутність яскраво виражених закономірностей.

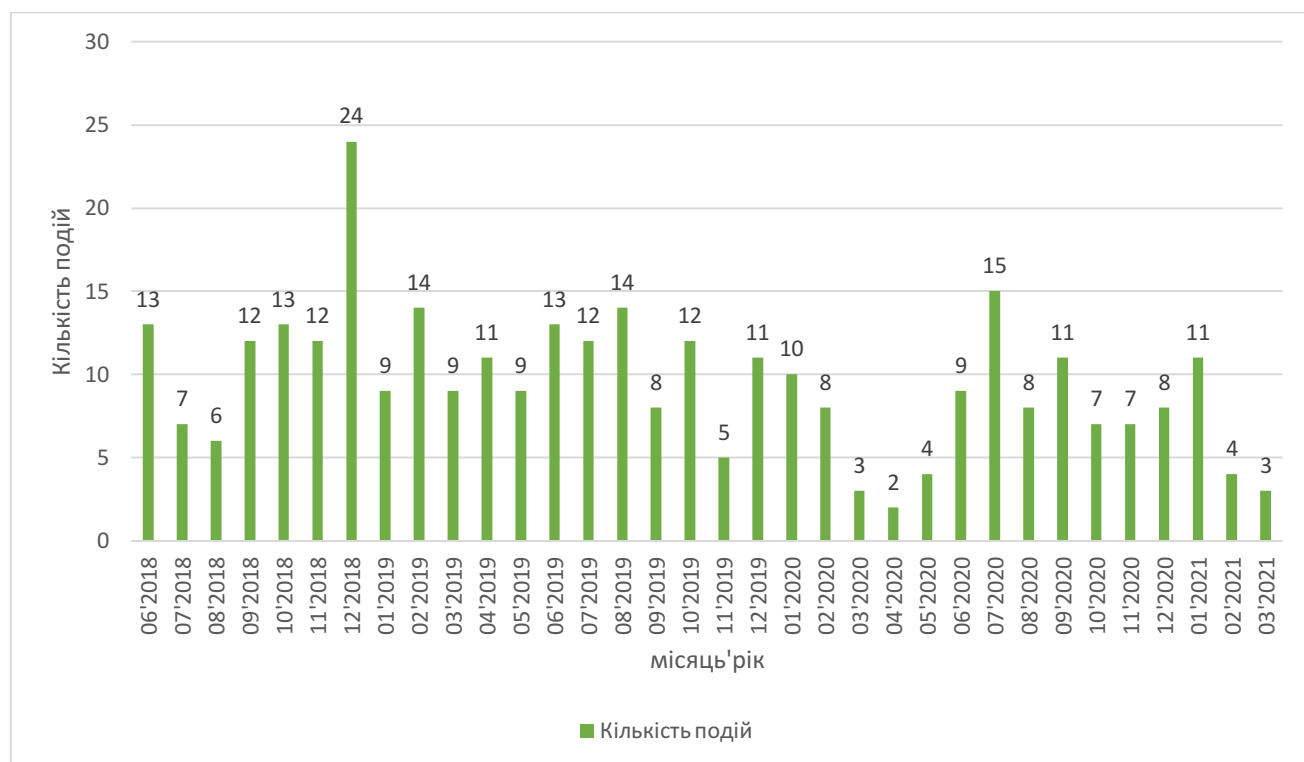


Рисунок 4.2 – Часовий ряд подій технічних збоїв по місяцях

Для подальшого пошуку закономірностей проаналізуємо статистику у площині «ЩО-КОЛИ» проявів подій по місяцях та по періодах доби, що представлено у табл. 4.4 та 4.5 відповідно.

Таблиця 4.4

Результати аналізу кількості проявів подій по місяцях

Подія	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. РК												
2.Св.												
3.Стр.												
4.Марш.												
5.Живл.												
6.Ін.												
Всього	30%		13%			30%			27%			

Кольоровим фоном у табл. 4.4 відмічені місяці, в яких відбулися ті чи інші події. Така інформація допоможе керівництву планувати заходи по контролю роботи

технічних засобів та прогнозувати ті чи інші збої. Наприклад, у березні та квітні необхідно звернути увагу тільки на стрілки, у травні – тільки на неможливість встановлення/розмикання маршруту. Аналіз табл. 4.4 вказує на різні періоди подій збоїв. Найбільш напруженими місяцями є лютий, червень, липень та грудень. Це можна пояснити сезонними умовами середовища (високі та низькі температури).

Таблиця 4.5

Результати аналізу кількості проявів подій по годинах доби

Подія	Час доби, години		
	0-8	8-17	17-24
1. РК	34	34	32
2. Св.	29	50	21
3. Стр.	47	42	11
4. Марш.	30	60	10
5. Живл.	27	46	27
6. Ін.	28	36	36
У середньому:	32	45	23

Аналіз частоти технічних збоїв по часу доби (табл. 4.5) вказує на те, що найбільш небезпечним (майже половина всіх подій) для роботи світлофорів та пристроїв живлення є період робочого дня (з 8 до 17 годин), а для стрілки – період з 0 до 8 годин. Відносно більша середня кількість відмов у робочий час пояснюється суто технологічними причинами і не є явною першою ознакою «вузького місця».

Етап 3. Проаналізуємо статистику технічних відмов у площині «ЩО-ЧОМУ», тобто подій та причин. Перш за все, необхідно розробити класифікатор причин, який представлено у табл. 4.6.

До «10. Інші» увійшли причини, які мали місце 1-2 рази на рік, тобто імовірність їх виникнення дуже мала.

У табл. 4.7 наведено матрицю причинно-подійних взаємозв'язків у статистиці [76]. Жовтим фоном виділені відмови, які можуть привести максимум до інциденту [77], а червоним – відмови, які можуть привести до більш тяжких транспортних подій – аварій або катастроф [77].

Таблиця 4.6

Класифікатор причин

Назва причини у статистиці відмов	Позиція та скорочення класифікатору
Несправність елементів автоблокування	1. АБ
Електроживлення	2. Ел.живл.
Перегорання лампи	3. Перег.лампи
Несправність релейних елементів електричної централізації	4. ЕЦ
Несправність кабелю	5. Кабель
Вихід з ладу елементів стрілочного електричного приводу та схеми керування	6. СЕП
Помилка обслуговуючого персоналу, хибне регулювання	7. ЛЧ
Грозний розряд	8. Гроза
Невідомі причини	9. Невідоме
Втрата контакту в пайці (холодна пайка), вихід з ладу напівпровідникових елементів, збій алгоритму роботи, несправність мікропроцесорної складової, інше	10. Інші

Таблиця 4.7

Частота виявлених причин у подіях

Причини	Події						Всього проявів причин
	1.ПК	2.Св.	3.Стр.	4.Марш.	5.Живл.	6.Ін.	
1.АБ	63	17	–	–	–	10	90
2.Ел.живл	14	11	3	4	10	4	46
3.Перег. лампи	1	34	–	–	–	2	37
4.ЕЦ	2	14	5	10	–	1	32
5.Кабель	14	4	5	1	–	3	27
6.СЕП	–	–	19	–	–	–	19
7.ЛЧ	4	3	8	2	–	1	18
8.Гроза	11	–	–	–	–	2	13
9.Невідоме	3	5	3	2	–	5	18
10.Інші	6	9	2	1	1	5	24

Етап 4. Визначимо загрози 85% всіх збоїв, що з точки зору нормального закону розподілу імовірності є достатнім. Це перші чотири події класифікатору подій (табл. 4.3) і відповідно чотири перших стовпчиків табл. 4.7.

За ризики визначимо причини подій відмов технічних засобів сигналізації.

В табл. 4.8 показана матриця оцінювання ризику по правилах, наданих у таблицях 3.4 та 3.5. Колір виділення ризиків відповідає зонам прийнятності ризиків у табл. 3.6.

Таблиця 4.8

Матриця оцінювання та прийнятності ризиків

Імовірність виникнення ризику	Серйозність ризику				
	катастрофічна А	небезпечна В	значна С	незначна D	несуттєва Е
часто 5		3.Перег. лампи	1.АБ		
періодично 4		4.ЕЦ	2.Ел.живл 6.СЕП 7.ЛЧ		
рідко 3			5.Кабель	8.Гроза	
малоймовірно 2			10.Інші		
майже неможливо 1					

Із табл. 4.8 очевидно, що три причини (1. АБ, 3. Перег.ламп та 4.ЕЦ) відносяться до зони неприйнятних ризиків (червоний фон), а інші – до прийнятних з урахуванням заходів щодо зменшення (жовтий фон). Тобто всі ці ризики вимагають постійної уваги та контролю зі сторони керівництва служби та дистанції.

Динаміка прояву неприйнятних ризиків наведено на рис. 4.3.

Етап 5. Пропонується таке рішення щодо управління ризиками:

– для прийнятних ризиків з урахуванням заходів щодо зменшення (жовтий фон) працює існуюча штатна процедура контролю;

– для неприйнятних ризиків пропонується процедура додаткових заходів, регламент яких представлено у вигляді дорожньої карти (табл. 4.9). Такими заходами

можуть бути спеціальні наради, залучення експертів, аналіз динаміки статистики відмов та причин, інші. Критерій визначення часу спеціального заходу – за один місяць до негативного зростання статистики прояву ризиків (рис. 4.3).

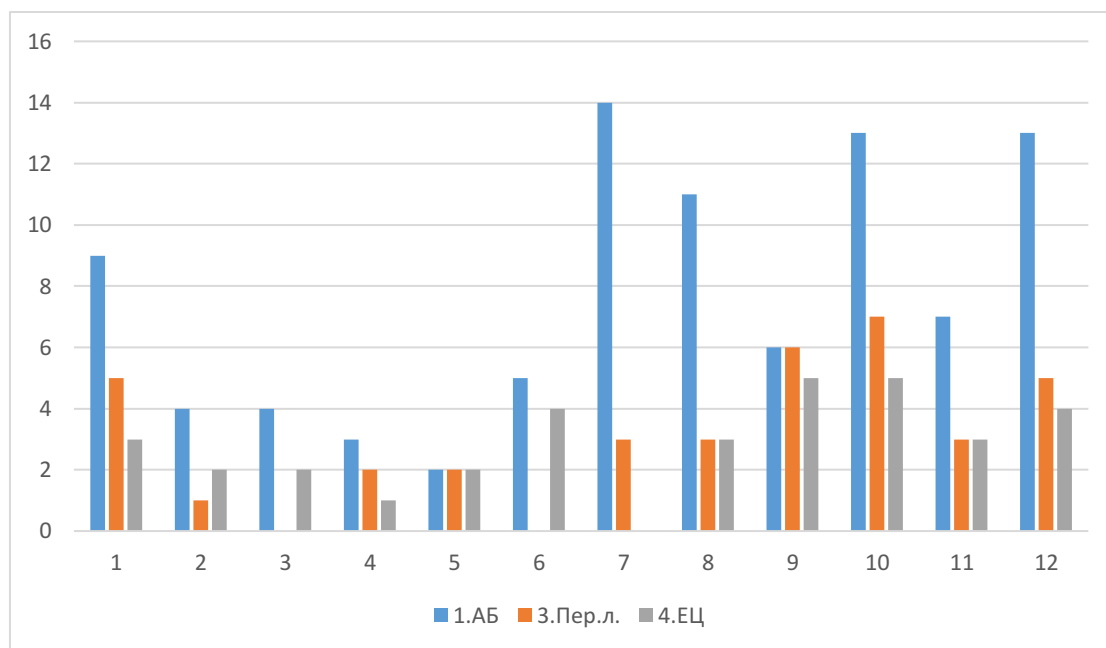


Рисунок 4.3 – Абсолютна кількість проявів неприйнятних ризиків на місяць

Таблиця 4.9

Дорожня карта управління критичними ризиками

Ризики	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.АБ					+						+	
3.Перег.лампи						+					+	
4. ЕЦ				+			+					

4.3 Виявлення передумов технічних відмов як ризиків у господарстві сигналізації та зв'язку АТ «Українська залізниця»

Причини транспортних подій, виявлення яких є основним завданням комісії з розслідування, лежать у сфері технології процесів перевезень й мають часто

випадковий характер. Тобто причини як ризики транспортної події або іншого виду порушень можуть проявитися, а можуть і ні.

Саме тому у Методі виявлення прихованої статистичної закономірності (п. 3.1), який є одним з теоретичних апаратів цієї дисертації, запропоновано поняття «передумова». Передумова з точки зору Методу є базовою причиною порушень й знаходиться у сфері організації перевізного процесу, управління підприємством. Таким чином, формула причинно-наслідкових зв'язків порушення (відмови або транспортної події) розширюється з традиційної «ПРИЧИНА – ПОДІЯ – НАСЛІДКИ» до «ПЕРЕДУМОВА – ПРИЧИНА – ПОДІЯ – НАСЛІДКИ». Про передумови мова вже йшла у п.3.4.

Передумови носять стійкий характер, тому що вони є складовими системи управління підприємством, складаються протягом багатьох років, вони закономірні та змінюються за необхідністю. Тому дієве управління процесом безпеки спрямоване у напрямку регулювання саме передумов. Але для того, щоб використовувати цей підхід необхідно визначити класифікатор передумов.

В дисертації було розроблено Класифікатор передумов для господарства сигналізації та зв'язку АТ «Українська залізниця», який представлений в табл. 4.10. Це дворівневий класифікатор. Він складається з шести груп показників, які характеризують систему управління підприємством: недоліки управління підприємством, професійний рівень персоналу, дефекти виготовлення та стану технічних засобів, технічне обслуговування та експлуатація, ремонт технічних засобів, вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб. Назва груп – це назва першого рівня класифікатора. Другий рівень складається від 3 до 12 елементів.

Таблиця 4.10

Класифікатор передумов господарства сигналізації та зв'язку залізничного транспорту України

1	2	3	4	5	6	7
Рівень 1	1. Недоліки управління підприємством	2. Професійний рівень персоналу	3. Дефекти виготовлення та стану техн. засобів	4. Технічне обслуговування та експлуатація	5. Ремонт	6. Вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб
Рівень 2	1.1 невиконання графіка технічного обслуговування та планів ППР	2.1 низький рівень технічних знань та практичних навичок	3.1 неякісне обладнання, що закуповується	4.1 порушення регламентів обслуговування пристроїв та планів ППР	5.1 незадовільне забезпечення запасними частинами	6.1 несприятливі погодні умови
	1.2 недосконалість нормативно-технічної документації	2.2 недостатнє знання виробництва та технологічних процесів	3.2 порушення технології утримання	4.2 неякісне обслуговування в умовах старіння технічних засобів	5.2 недотримання технологічних процесів та порушення термінів ремонтів	6.2 природні катаклізми
	1.3 недосконалість професійного добору персоналу	2.3 порушення трудової дисципліни	3.3 низька якість матеріалів та запасних частин	4.3 низька виробнича дисципліна	5.3 незадовільні умови для виконання ремонтів	6.3 стихійні лиха
	1.4 недостатнє матеріально-технічне забезпечення	2.4 халатність		4.4 недоліки складського зберігання	5.4 виконання ремонтних робіт суміжних господарств у нічний час	6.4 шкідництво сторонніх осіб
	1.5 несвоєчасне розслідування випадків порушень	2.5 навмисне приховування випадків порушень		4.5 неврахування технологічних, вікон суміжних господарств у графіках технологічних процесів		6.5 псування майна
	1.6 Недостатній кваліфікаційний та професійний рівень керівного складу	2.6 недостатній рівень викладачів навчальних закладів				6.6 розкрадання та розукомплектування устаткування

Продовження таблиці 4.10

1	2	3	4	5	6	7
	1.7 низький рівень технічного навчання	2.7 нездатність, або небажання застосовувати набуті технічні знання				
	1.8 відсутність або недосконалість тренажерів та навчальних програм	2.8 низька мотивація експлуатаційного штату				
	1.9 низький рівень профілактичної роботи					
	1.10 низький контроль за режимом праці і відпочинку					
	1.11 неуккомплектованість штату					
	1.12 незадовільний стан санітарно - побутових умов					
	ЛЮДСЬКИЙ ЧИННИК		ТЕХНОЛОГІЯ			СЕРЕДОВИЩЕ

На рис. 4.4 показана процедура виявлення найбільш вагомих передумов для конкретних причин-ризиків. У правій частині рисунку 4.4 показано документи та розробки, які необхідні для реалізації цієї процедури.

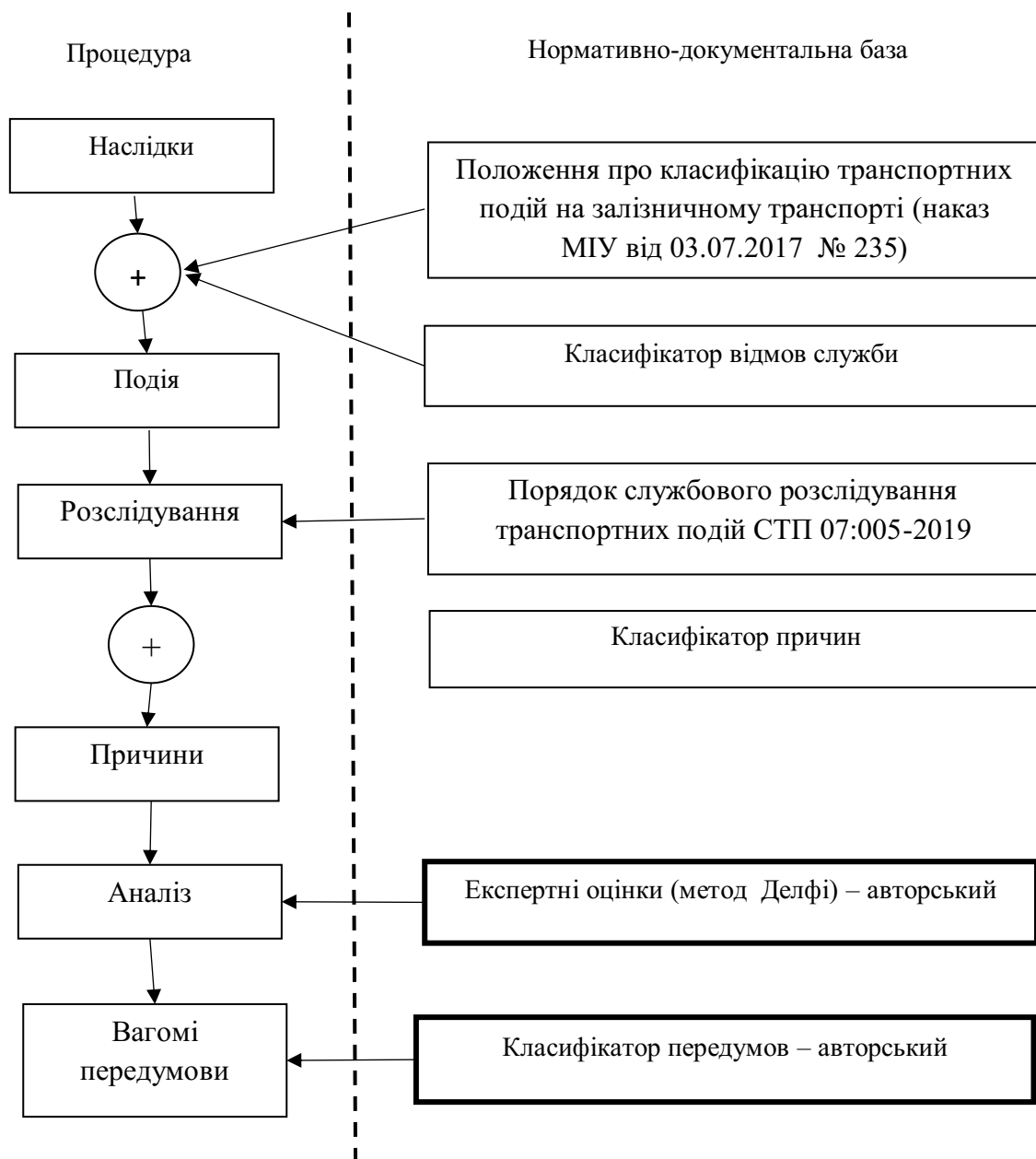


Рисунок 4.4 – Процедура визначення передумов порушень/відмов

Покажемо реалізацію процедури виявлення найбільш вагомих передумов (або критичних передумов) для причин-ризиків, які були виявлені у п.4.1. У таблиці 4.8 вони виділені червоним фоном, це:

- «1.АБ» – Несправність елементів автоблокування;
- «3.Перег.лампи» – Перегорання лампи;
- «4.ЕЦ» – Несправність релейних елементів електричної централізації.

Враховуючи експериментальний характер дослідження, відсутність будь-яких затверджених стандартів або вказівок, для реалізації процедури на рис. 4.4 були використані експертні оцінки, а саме метод Делфі [78-80].

4.4 Виявлення найбільш вагомих передумов за допомогою методології Делфі

4.4.1 Характеристика методу Делфі

Методи експертних оцінок є частиною широкої області теорії прийняття рішень, а саме експертне оцінювання – процедура отримання оцінки проблеми на основі думки фахівців (експертів) з метою подальшого прийняття рішення (вибору). У випадках надзвичайної складності проблеми, її новизни, недостатності наявної інформації, неможливості математичної формалізації процесу рішення доводиться звертатися до рекомендацій компетентних фахівців, які прекрасно знають проблему – до експертів. Їх вирішення завдання, аргументація, формування кількісних оцінок, обробка останніх формальними методами отримали назву методу експертних оцінок.

Існує дві групи експертних оцінок:

- 1) індивідуальні оцінки, засновані на використанні думки окремих експертів, незалежних один від одного;
- 2) колективні оцінки, засновані на використанні колективної думки експертів.

Варто зазначити, що експертна оцінка необхідна для ведення практично будь-якої діяльності. Людина з профільною освітою та досвідом у галузі дослідження, вважається екпертом. Його знання і навички допомагають прийняти об'єктивне рішення щодо становища товарів або послуг.

На сьогоднішній день існує безліч інструментів, щоб оцінити ефективність рішень у тих чи інших процесах. Одним із найяскравіших представників є метод

прийняття рішень Делфі. Його сутність полягає в тому, що метод Делфі дозволяє врахувати думку групи людей, яка має відношення до того чи іншого питання чи ситуації, послідовно об'єднавши їхні позиції та висновки, а потім, на основі проведеного аналізу, дійти оптимального рішення.

Вперше метод Делфі був застосований у галузі прогнозування розвитку науки та технологій, мета якого полягала в об'єднанні думок експертів про очікуваний час розробки конкретної технології. Зараз метод широко використовується для бізнес-прогнозування. В його основі лежить гіпотеза, що прогнозні оцінки від структурованих груп експертів є точнішими, ніж від неструктурованих.

У процесі реалізації методу експерти відповідають на списки питань у кілька раундів (етапів). Після кожного раунду особа, яка називається «посередником», надає учасникам анонімне зведення відповідей експертів із попереднього раунду, а також причин, з яких вони виносять свої судження. Таким чином, експертам пропонується уточнити чи переглянути свої попередні відповіді з урахуванням відповідей інших членів своєї групи.

Вважається, що в ході цього процесу розкид оцінок буде зменшуватися, а самі оцінки прагнутимуть до істини. Процес зупиняється після того, як буде досягнуто заданий критерій зупинки – кількість раундів, досягнення консенсусу (коли оцінки стають однаковими), стійкість результатів (оцінки експертів перестають змінюватись). Потім результат визначається як середня оцінка, отримана на фінальному раунді.

Основна ідея методу Делфі в тому, щоб дати можливість експертам зосередитися на розглянутих проблемах і уникнути взаємного впливу (якщо, наприклад, експерт знає, що разом у групі знаходиться визнаний авторитет у цій галузі, він несвідомо може почати підлаштовуватись під його думку). Групи експертів складаються як із співробітників компанії, так і зі сторонніх фахівців.

Метод Делфі набув широкого поширення, у своїй діяльності його почали застосовувати багато компаній, у яких приділяється велика увага питанням стратегічного планування. Зокрема, це компанії, діяльність яких пов'язана переважно з галуззю технологічних розробок. У країнах СНД метод застосовується вкрай рідко,

тому що, по-перше, не існує такої традиції і фахівців за даним методом, немає незалежних аналітичних структур, а, по-друге, сама аналітична діяльність протягом тривалого часу носила централізований характер, іншими словами, експерти прагнули підлаштуватися до думки більшості.

Варто відмітити, що методологія Делфі, як і будь-який інший дослідницький метод, має свої переваги та обмеження. Розглянемо їх докладніше.

Переваги методу Делфі:

– консенсус експертів: метод дозволяє досягти узгодженої думки серед групи експертів, що є особливо цінним у ситуаціях, де відсутні чіткі дані або переважають суб'єктивні оцінки;

– анонімність: анонімність відповідей знижує ризик впливу авторитету певних експертів на думки інших учасників, тим самим запобігаючи «ефекту стада»;

– гнучкість та адаптивність: метод Делфі можна адаптувати до різних дослідницьких потреб та тематик, що робить його універсальним інструментом;

– ітеративний процес: багаторазові раунди опитування дозволяють учасникам переглянути та уточнити свої думки, що сприяє глибшому розумінню досліджуваної проблеми;

– віддалена участь: метод легко застосовувати дистанційно, що робить його зручним для міжнародних груп експертів.

Розглянемо потенційні обмеження та недоліки:

– залежність від якості експертів. Результати сильно залежать від компетенцій та досвіду обраних експертів. Невідповідний вибір експертів може призвести до неправильних висновків;

– час і ресурси: метод Делфі може бути витратним, особливо при проведенні багаторазових раундів опитувань;

– суб'єктивність: незважаючи на прагнення до спільної думки, результати все ж таки можуть бути суб'єктивними і не завжди можуть відображати об'єктивну реальність;

– складність інтерпретації даних. Аналіз результатів багатьох раундів опитування може бути складним і вимагає кваліфікованого підходу;

– ризик «втоми від опитування». Учасники можуть втрачати інтерес чи мотивацію брати участь у множинних раундах опитування.

Таким чином, метод Делфі є гарним інструментом для збору експертних думок, особливо в ситуаціях, коли інші методи дослідження не можуть бути застосовані. Однак важливо враховувати його потенційні обмеження та грамотно підходити до вибору експертів та аналізу даних.

В цілому метод експертних оцінок має переваги, які пов'язані з можливостями людського фактору, такими як досвід, професійне чуття, знання аналогічних прикладів і т.д.

Метод Делфі складається з трьох етапів: попереднього, основного та аналітичного. Кожен із етапів експертизи є важливим.

Під час попереднього етапу необхідно підібрати компетентних експертів у конкретній галузі, яких має бути якомога більше.

Під час основного етапу необхідна постановка проблеми та поділ її на багато дрібних частин для зручності та можливості повного опрацювання кожної дрібної проблематики. Проводиться аналіз та виділення всіх наявних активів підприємства та можливих ризиків, які тим чи іншим чином впливають на них, для подальшого їх опрацювання. Складається опитувальник для подальшої роботи з ним експертів. Після роботи експертів та отримання вихідних даних щодо проблематики, інформація опрацьовується, аналізується на узгодженість і, якщо вона виходить високою, то приймається, якщо ж ні, складається новий опитувальник і повертається експертам для роботи заново.

Коли експертиза проведена та дані мають хорошу узгодженість, починають формувати загальну оцінку та перелік актуальних рекомендацій для вирішення проблеми, яка була заявлена в експертизі.

Під час аналітичного етапу необхідно ретельно опрацювати всі отримані дані, згенерувати їх, обробити та винести грамотне рішення для прийняття, зменшення чи усунення ризиків, тобто для прийняття управлінського рішення.

4.4.2 Практичне застосування методу Делфі для виявлення найбільш вагомих передумов

Методи експертних оцінок є частиною широкої області теорії прийняття рішень, а саме експертне оцінювання – процедура отримання оцінки проблеми на основі думки фахівців (експертів). Експертні оцінки використовуються у випадках надзвичайної складності проблеми, її новизни, недостатності наявної інформації, неможливості математичної формалізації процесу рішення. В цьому випадку звертаються до рекомендацій компетентних фахівців, які прекрасно знають проблему – до експертів. В дисертаційній роботі було використано методологію Делфі. За типом це індивідуальна експертна оцінка.

Було залучено 6 експертів – фахівців з обслуговування систем сигналізації залізничного транспорту. Коротка характеристика експертів:

- 1) чоловіків – 4, жінок – 2;
- 2) за стажем роботи – 41, 22, 20, 15, 20, 27 років;

3) за займаною посадою – завідувач кафедри «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів» УкрДУЗТ, начальник служби сигналізації та зв'язку, інженер технічного відділу ШЧ, інженер технічної документації служби Ш, інженер технічної документації служби Ш, старший електромеханік СЦБ ШЧ.

Експертна оцінка була проведена в два етапи.

На першому етапі експертам необхідно було вказати відсоток долі впливу окремої групи передумов на кожну з причин (від 0% до 100%). Загальна сума долей впливу по кожній причині повинна дорівнювати 100%.

У додатку Б представлена розроблена у дисертації анкета експерта, яка була запропонована на першому етапі. Нижче представлені дані обробки думок експертів, які отримані з їх анкет по результатам проведення першого етапу експертної оцінки – таблиця 4.11 та рисунок 4.5.

Таблиця 4.11

Середні значення впливу груп передумов на причини-ризик у діяльності служби сигналізації та зв'язку, %

Група передумов, які впливають на прояв причини	Причина відмов засобів сигналізації			Сума по групі	Середнє значення по групі
	(1) Несправність елементів автоблокування	(2) Перегорання лампи	(3) Несправність релейних елементів електричної централізації		
(А) Недоліки управління підприємством	2,5 5/10/0/0/0/0	1,6 0/10/0/0/0/0	4,2 10/10/0/0/5/0	8,3	2,8
(Б) Професійний рівень персоналу	19,2 30/20/30/15/10/10	15,8 30/10/10/25/20/0	18,3 25/10/20/30/15/10	53,3	17,8
(В) Дефекти виготовлення та стану технічних засобів	14,2 10/10/30/10/10/15	41,7 20/40/50/15/50/75	17,5 5/10/40/20/15/15	73,4	24,5
(Г) Технічне обслуговування та експлуатація	25 25/40/20/15/25/25	17,5 5/30/20/20/15/15	24,2 15/40/10/25/30/25	66,7	22,2
(Д) Ремонт	10,8 5/10/10/10/15/15	4,2 15/0/10/0/0/0	17,5 20/20/20/15/15/15	32,5	10,8
(Е) Вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб	28,3 25/10/10/50/40/35	19,2 30/10/10/40/15/10	18,3 25/10/10/10/20/35	65,8	22
	100%	100%	100%		

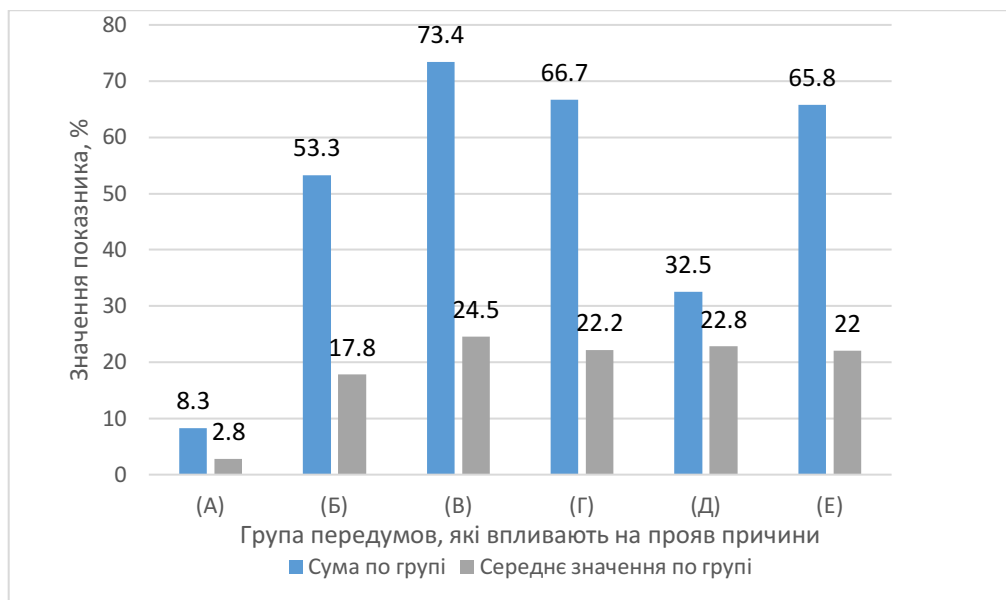


Рисунок 4.5 – Графічне відображення результатів першого етапу експертної оцінки

На другому етапі експертам необхідно було оцінити долю впливу елементів груп передумов на кожну з трьох причин. У додатку В представлена розроблена у дисертації анкета експерта, яка була запропонована на другому етапі. Нижче представлені дані обробки думок експертів, які отримані з їх анкет по результатам проведення другого етапу експертної оцінки – таблиця 4.12 та рисунок 4.6.

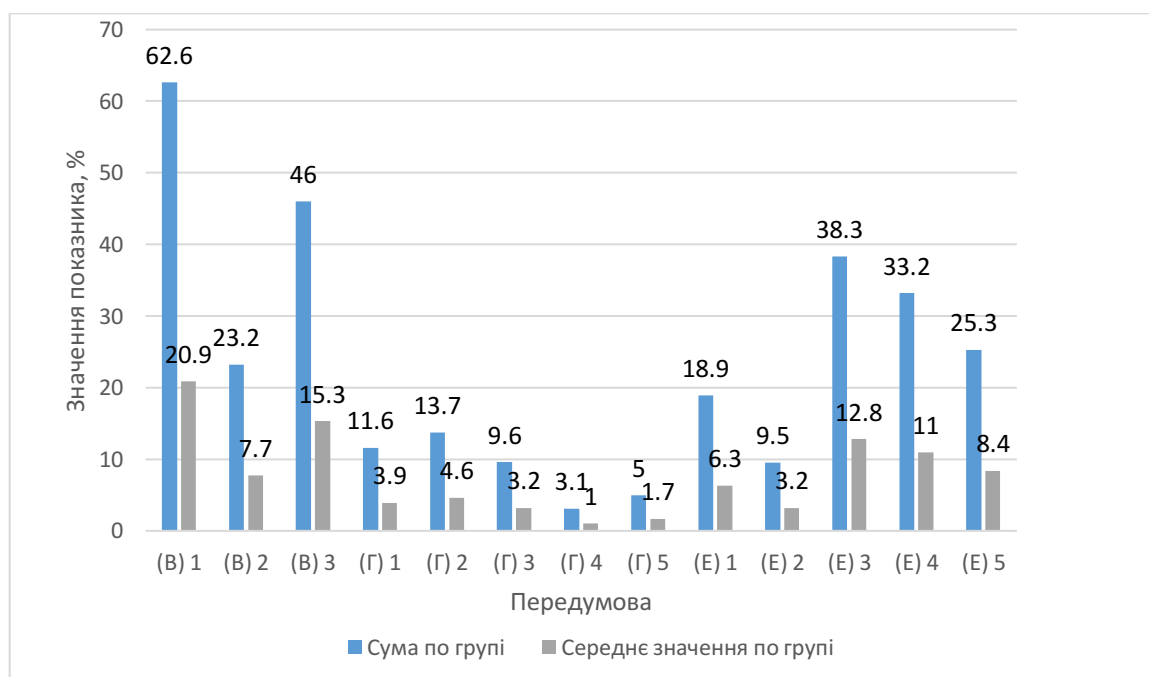


Рисунок 4.6 – Графічне відображення результатів другого етапу експертної оцінки

Таблиця 4.12

Вплив передумов на причини відмов засобів сигналізації, %

Група передумов	Передумова	Причина відмов засобів сигналізації			Сума по групі	Середнє значення по групі
		(1) Несправність елементів автоблокування	(2) Перегоряння лампи	(3) Несправність релейних елементів електричної централізації		
1	2	3	4	5	6	7
(В) Дефекти виготовлення та стану техн. засобів	1 неякісне обладнання, що закуповується	18,5 10/6/50/0/45/ 0	25,8 50/10/50/ 0/45/0	18,3 10/5/50/0/45 /0	62,6	20,9
	2 порушення технології утримання	7,5 10/5/10/0/20/ 0	8,4 20/0/10/0/ 20/0	7,3 10/4/10/0/20 /0	23,2	7,7
	3 низька якість матеріалів та запасних частин	15,3 10/7/40/0/35/ 0	15,8 10/10/40/ 0/35/0	14,9 10/4/40/0/35 /0	46	15,3
(Г) Технічне обслуговування та експлуатація	1 порушення регламентів обслуговування пристроїв та планів ППР	3,3 5/15/0/0/0/0	3,3 5/15/0/0/0 /0	5 5/25/0/0/0/0	11,6	3,9
	2 неякісне обслуговування в умовах старіння технічних засобів	4,5 10/17/0/0/0/0	2,5 0/15/0/0/0 /0	6,7 15/25/0/0/0/ 0	13,7	4,6
	3 неналежний професійний рівень персоналу	4,3 10/16/0/0/0/0	0 0/0/0/0/0/ 0	5,3 10/22/0/0/0/ 0	9,6	3,2
	4 недоліки складського зберігання	0,9 0/5/0/0/0/0	1,7 0/10/0/0/0 /0	0,5 0/3/0/0/0/0	3,1	1

Продовження таблиці 4.12

1	2	3	4	5	6	7
	5 неврахування техноло- гічних вікон суміжних господарств у графіках технологічних процесів	3,3 15/5/0/0/0/0	0 0/0/0/0/0/ 0	1,7 10/0/0/0/0/0	5	1,7
(Е) Вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб	1 несприятливі погодні умови	7,2 5/8/0/10/0/20	5 0/10/0/10/ 0/10	6,7 5/10/0/10/0/ 15	18,9	6,3
	2 природні катаклізми або стихійні лиха	5 10/0/0/5/0/15	1,7 0/0/0/5/0/ 5	2,8 5/2/0/5/0/5	9,5	3,2
	3 шкідництво сторонніх осіб	11,7 5/5/0/35/0/25	13,3 5/15/0/35/ 0/25	13,3 10/0/0/35/0/ 35	38,3	12,8
	4 псування майна	10,7 5/4/0/30/0/25	12,5 5/15/0/30/ 0/25	10 5/0/0/30/0/2 5	33,2	11
	5 розкрадання та розукомплек- тування устаткування	7,8 5/7/0/20/0/15	10 5/0/0/20/0 /35	7,5 5/0/0/20/0/2 0	25,3	8,4
Разом по стовпчику:		100%	100%	100%		

4.4.3 Оцінка узгодженості експертних даних

Зібрані результати думок експертів обробляються як кількісно (чисельні дані), так і якісно (змістовна інформація). Слід зазначити, що при наявності чисельних даних, які мають достатній інформаційний матеріал, застосовуються переважно методи усереднення експертних суджень.

Проте навіть при наявних чисельних даних, але при недостатності інформації з питання, разом із кількісними методами обробки експертних даних використовуються також методи якісного аналізу та синтезу.

У випадку участі в опитуванні декількох експертів розбіжності в їх оцінках неминучі, проте величина цієї розбіжності має важливе значення. Групова оцінка може вважатися достатньо надійною тільки за умови гарної узгодженості відповідей окремих фахівців. Зважаючи на те, що думки експертів часто не повністю збігаються, тому необхідним є кількісно оцінювати міру узгодженості думок експертів та встановлювати причини розбіжності суджень. Для оцінки міри узгодженості думок експертів використовують, як правило, коефіцієнти конкордації. З цією метою пропонується провести розрахунок коефіцієнту конкордації на основі отриманих результатів експертної оцінки.

Розрахунок коефіцієнта конкордації здійснюється відповідно до [81-82].

Проведемо розрахунок коефіцієнту конкордації на прикладі отриманих результатів першого етапу анкетування з метою визначення ступеню узгодженості думок експертів стосовно впливу групи передумов на причину-ризик «(1) Несправність елементів автоблокування». На основі даних таблиці 4.11 сформуємо вихідну таблицю для проведення подальших розрахунків – таблиця 4.13.

Таблиця 4.13

Вихідні дані

Експерти	(А) Недоліки управління підприємством	(Б) Професійний рівень персоналу	(В) Дефекти виготовлення та стану технічних засобів	(Г) Технічне обслуговування та експлуатація	(Д) Ремонт	(Е) Вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб	Сумма
1	5	30	10	25	5	25	100
2	10	20	10	40	10	10	100
3	0	30	30	20	10	10	100
4	0	15	10	15	10	50	100
5	0	10	10	25	15	40	100
6	0	10	15	25	15	35	100

Розрахунок коефіцієнта конкордації будемо здійснювати за п'ять кроків.

Крок 1. Створення експертної комісії. Число факторів (передумов) $n = 6$, число експертів $m = 6$.

Крок 2. Збір думок експертів шляхом анкетного опитування.

Оцінку ступеня значущості параметрів експерти здійснюють шляхом присвоєння їм рангового номера. Чиннику, якому експерт дає найвищу оцінку, присвоюється ранг 1. Якщо експерт визнає кілька чинників рівнозначними, їм присвоюється однаковий ранговий номер. На основі даних анкетного опитування складається зведена матриця рангів.

Крок 3. Упорядкування зведеної матриці рангів. На основі вихідних даних (табл. 4.12) здійснимо упорядкування зведеної матриці рангів – таблиця 4.14, де номери факторів відповідають групам передумов, а саме:

- 1) (А) Недоліки управління підприємством;
- 2) (Б) Професійний рівень персоналу;
- 3) (В) Дефекти виготовлення та стану технічних засобів;
- 4) (Г) Технічне обслуговування та експлуатація;
- 5) (Д) Ремонт;
- 6) (Е) Вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб.

Таблиця 4.14

Упорядкування зведеної матриці рангів

Назва	Номер фактору	Експерти					
		1	2	3	4	5	6
(А)	1	5	10	0	0	0	0
(Б)	2	30	20	30	15	10	10
(В)	3	10	10	30	10	10	10
(Г)	4	25	40	20	15	25	25
(Д)	5	5	10	10	10	15	15
(Е)	6	25	10	10	50	40	35

Так як у матриці є пов'язані ранги (однаковий ранговий номер) в оцінках першого експерта, зробимо їх переформування. Переформування рангів

здійснюватиметься без зміни думки експерта, тобто між ранговими номерами повинні зберегтися відповідні співвідношення (більше, менше або рівно). Також не рекомендується ставити ранг вище 1 і нижче значення, що дорівнює кількості параметрів (в даному випадку $n = 6$). Переформування рангів в оцінках першого експерта провадиться в табл. 4.15.

Таблиця 4.15

Переформування рангів в оцінках першого експерта

Номер місць в упорядкованому ряду	Розташування факторів по оцінці експерта	Нові ранги
1	5	1,5
2	5	1,5
3	10	3
4	25	4,5
5	25	4,5
6	30	6

Також у матриці є пов'язані ранги в оцінках решти експертів, тому зробимо їхнє переформування. Переформування рангів в оцінках другого експерта здійснено в табл. 4.16.

Таблиця 4.16

Переформування рангів в оцінках другого експерта

Номер місць в упорядкованому ряду	Розташування факторів по оцінці експерта	Нові ранги
1	10	2,5
2	10	2,5
3	10	2,5
4	10	2,5
5	20	5
6	40	6

Переформування рангів в оцінках третього експерта здійснено в табл. 4.17.

Таблиця 4.17

Переформування рангів в оцінках третього експерта

Номер місць в упорядкованому ряду	Розташування факторів по оцінці експерта	Нові ранги
1	0	1
2	10	2,5
3	10	2,5
4	20	4
5	30	5,5
6	30	5,5

Переформування рангів в оцінках четвертого експерта здійснено в табл. 4.18.

Таблиця 4.18

Переформування рангів в оцінках четвертого експерта

Номер місць в упорядкованому ряду	Розташування факторів по оцінці експерта	Нові ранги
1	0	1
2	10	2,5
3	10	2,5
4	15	4,5
5	15	4,5
6	50	6

Переформування рангів в оцінках п'ятого експерта здійснено в табл. 4.19.

Таблиця 4.19

Переформування рангів в оцінках п'ятого експерта

Номер місць в упорядкованому ряду	Розташування факторів по оцінці експерта	Нові ранги
1	0	1
2	10	2,5
3	10	2,5
4	15	4
5	25	5
6	40	6

Переформування рангів в оцінках шостого експерта здійснено в табл. 4.20.

Таблиця 4.20

Переформування рангів в оцінках шостого експерта

Номер місць в упорядкованому ряду	Розташування факторів по оцінці експерта	Нові ранги
1	0	1
2	10	2
3	15	3,5
4	15	3,5
5	25	5
6	35	6

На підставі отриманих даних з переформування рангів будується нова матриця рангів – таблиця 4.21.

Таблиця 4.21

Нова матриця рангів

Номер/Експерти	1	2	3	4	5	6
1	1,5	2,5	1	1	1	1
2	6	5	5,5	4,5	2,5	2
3	3	2,5	5,5	2,5	2,5	3,5
4	4,5	6	4	4,5	5	5
5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	3,5
6	4,5	2,5	2,5	6	6	6

Далі необхідно підсумовувати отримані результати рангів, визначити різницю рангів та звести у квадрат кожен отриману різницю.

Різниця між рангами визначається за формулою

$$d = \sum X_{ij} - \frac{\sum \sum X_{ij}}{n} = \sum X_{ij} - 21, \text{ ранг} \quad (4.1)$$

де X_{ij} – ранг (важливість), присвоєний i -му об'єкту j -им експертом;

n – число факторів (передумов), $n = 6$.

Результати розрахунків зведені в таблицю 4.22.

Таблиця 4.22

Результати розрахунків різниць між рангами

Номер/Експерти	1	2	3	4	5	6	Сума рангів	d	d^2
X_1	1,5	2,5	1	1	1	1	8	-13	169
X_2	6	5	5,5	4,5	2,5	2	25,5	4,5	20,25
X_3	3	2,5	5,5	2,5	2,5	3,5	19,5	-1,5	2,25
X_4	4,5	6	4	4,5	5	5	29	8	64
X_5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	3,5	16,5	-4,5	20,25
X_6	4,5	2,5	2,5	6	6	6	27,5	6,5	42,25
Σ	21	21	21	21	21	21	126		318

Перевірка правильності складання матриці на основі обчислення контрольної суми здійснюється за формулою

$$\sum X_{ij} = \frac{(1+n) \cdot n}{2} = \frac{(1+6) \cdot 6}{2} = 21 \text{ ранг.} \quad (4.2)$$

З результатів розрахунку формули (4.2) можемо зробити висновок, що сума по стовпчиках матриці рівна між собою та з контрольною сумою, а отже, матриця складена правильно.

Крок 4. Аналіз значущості досліджуваних факторів. Для реалізації даного етапу необхідно розподілити фактори за значимістю – таблиця 4.23.

Таблиця 4.23

Розташування факторів за значимістю

Фактори	Сума рангів
X_1	8
X_5	16,5
X_3	19,5
X_2	25,5
X_6	27,5
X_4	29

Крок 5. Оцінка середнього ступеня узгодженості думок усіх експертів.

У випадку, коли є пов'язані ранги (однакові значення рангів в оцінках одного експерта), коефіцієнт конкордації розраховується за формулою

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (n^3 - n) - m \cdot \sum T_i}, \text{ б/в}; \quad (4.3)$$

де S – сума квадратів різниці між рангами, $S = 318$ (табл. 4.21);

m – число експертів, $m = 6$;

T_i – коефіцієнт поправки для i -тої змінної, що розраховується за формулою

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_l^3 - t_l), \text{ б/в}; \quad (4.4)$$

де L_i – кількість зв'язків (видів елементів, що повторюються) в оцінках i -го експерта;

t_l – кількість елементів в l -й зв'язці для i -го експерта (кількість повторюваних елементів).

Значення коефіцієнтів поправки, розрахованих за формулою (4.4) наведені в таблиці 4.24.

Таблиця 4.24

Значення коефіцієнтів поправки

Коефіцієнти поправки	Значення
T_1	1
T_2	5
T_3	1
T_4	1
T_5	0,5
T_6	0,5

На основі даних таблиці 4.24 розрахуємо суму значень коефіцієнтів поправки:

$$\sum T_i = 1 + 5 + 1 + 1 + 0,5 + 0,5 = 9.$$

Тоді коефіцієнт конкордації для визначення ступеню узгодженості думок експертів стосовно впливу групи передумов на причину-ризик «(1) Несправність елементів автоблокування» дорівнюватиме

$$W = \frac{318}{\frac{1}{12} \cdot 6^2 (6^3 - 6) - 6 \cdot 9} = 0,55.$$

Варто відмітити, що коефіцієнт може приймати значення в межах від 0 до 1. При повній узгодженості думок експертів коефіцієнт конкордації дорівнює одиниці, при повній розбіжності – нулю.

Отримане значення $W = 0,55$ свідчить про наявність середнього ступеню узгодженості думок експертів.

Аналогічно до наведеної методики розрахунку були проведені обчислення коефіцієнту конкордації для кожної причини-ризика по двом етапам експертної оцінки. Результати розрахунків зведені в таблицю 4.25.

Таблиця 4.25

Результати розрахунків коефіцієнтів конкордації

Найменування причини-ризика	Значення коефіцієнту конкордації, W
Перший етап експертної оцінки	
(1) Несправність елементів автоблокування	0,55
(2) Перегорання лампи	0,58
(3) Несправність релейних елементів електричної централізації	0,38
Другий етап експертної оцінки	
(1) Несправність елементів автоблокування	0,11
(2) Перегорання лампи	0,28
(3) Несправність релейних елементів електричної централізації	0,14

На основі даних табл. 4.25 можна зробити висновок, що аналіз отриманих результатів по першому етапу експертної оцінки характеризується середнім ступенем

узгодженості думок експертів, тоді як другий етап свідчить, що експерти розходяться в думках щодо визначення впливу групи передумов на причини-ризиків.

Зважаючи на що, другий етап експертної оцінки потребує повторної реалізації.

В той же час, приймаючи отримані результати першого етапу експертної оцінки як задовільні, можемо зробити висновок, що серед шести груп передумов, які впливають на прояв причин-ризиків, на думку експертів, найбільш вагомими є:

- 1) для несправності елементів автоблокування – вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб;
- 2) для перегорання лампи – дефекти виготовлення та стану технічних засобів;
- 3) для несправності релейних елементів електричної централізації – технічне обслуговування та експлуатація.

Представлений аналіз результатів опитування є заключним етапом експертної оцінки, який в результаті має вигляд інформаційного та рекомендаційного матеріалу для прийняття управлінських рішень.

Висновки до розділу 4.

1. Проведено експериментальне застосування розробленої квазі-прогностичної методики управління станом безпеки руху на залізничному транспорті на основі реальних даних статистики відмов служби сигналізації та зв'язку Регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця». Статистика складає 335 подій технічних відмов та збоїв засобів залізничної автоматики. Визначені найбільш проблемні місця в технологічному процесі забезпечення роботоспроможності технічних засобів систем сигналізації та запропоновано модель управлінського рішення для їх попередження.

2. Розроблено процедуру визначення передумов технічних збоїв засобів залізничної автоматики (рис. 4.4), на базі якої розроблено дворівневий класифікатор передумов господарства сигналізації та зв'язку (табл. 4.10), який складається з шести позицій 1-го рівня та 35 позицій 2-го рівня.

3. Враховуючи експериментальний характер дослідження, відсутність будь-яких затверджених стандартів або вказівок, для визначення найбільш вагомих

передумов-ризиків було використано експертне оцінювання, а саме методологія Делфі.

4. Найбільш вагомим причинами-ризиками стали: несправність елементів автоблокування, перегорання лампи та несправність релейних елементів електричної централізації; а найбільш вагомими передумовами-ризиками виявлено: для несправності елементів автоблокування – вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб; для перегорання лампи – дефекти виготовлення та стану технічних засобів; для несправності релейних елементів електричної централізації – технічне обслуговування та експлуатація.

5. Для оцінки узгодженості думок експертів щодо визначення найбільш вагомих передумов, було використано коефіцієнт конкордації. Проведені розрахунки коефіцієнту для кожної попередньо визначеної причини-ризиків підтвердили достовірність отриманих результатів першого етапу експертної оцінки.

Основні наукові результати четвертого розділу опубліковані в працях авторки [111-112].

ВИСНОВКИ

1. Розроблено статистичну квазі-прогностичну методику управління безпекою технологічного процесу або організаційною структурою залізничного транспорту. На відміну від існуючих підходів методика визначає вузькі місця, яким треба приділяти максимальну увагу, що робить управління безпекою цілеспрямованим, обґрунтованим та економічно раціональним.

2. Переваги розробленої методики порівняно з існуючими підходами з використанням ризик-менеджменту пояснюються тим, що ризики отримані не по принципу «як повинно бути», а «як воно є», тобто є реальними, характерними для саме цих процесів та систем.

3. Для підвищення ефективності профілактичної роботи в сфері безпеки руху використано поняття передумова порушення безпеки руху, яка на відміну від причини, що належить до технологічних параметрів та носить випадковий характер, відноситься до сфери організації процесу і носить детермінований характер. Для використання передумов розроблено дворівневий класифікатор передумов господарства сигналізації та зв'язку залізниці. Класифікатор складається з шести напрямків 1-го рівня та 35 елементів 2-го рівня.

4. Формалізовано спосіб управління безпекою руху на основі поняття норми. Наведено шкалу безпеки в транспортній системі.

5. Проведено експериментальне застосування розробленої квазі-прогностичної методики управління станом безпеки руху на залізничному транспорті на основі реальних даних статистики відмов служби сигналізації та зв'язку Регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця». Статистика складає 335 подій технічних відмов та збоїв засобів залізничної автоматики. Серед причин технічних відмов, які є ризиками настання транспортної події, виділено три (несправність елементів автоблокування, перегорання лампи та несправність релейних елементів електричної централізації), які відносяться до зони неприйнятних ризиків і потребують особливої уваги керівництва та персоналу в технологічному

процесі забезпечення роботоспроможності технічних засобів систем сигналізації. Запропоновано управлінське рішення для їх попередження.

6. Проведено виявлення передумов-ризиків за допомогою методології Делфі. Найбільш вагомими виявлені групи передумов: для несправності елементів автоблокування – вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб; для перегорання лампи – дефекти виготовлення та стану технічних засобів; для несправності релейних елементів електричної централізації – технічне обслуговування та експлуатація.

7. Здійснена кількісна оцінка ступеню узгодженості думок експертів шляхом розрахунку коефіцієнтів конкордації. Результати по першому етапу експертної оцінки:

- для (1) несправності елементів автоблокування $W = 0,55$;
- для (2) перегорання лампи $W = 0,58$;
- для (3) несправності релейних елементів електричної централізації $W = 0,38$;

характеризуються середнім ступенем узгодженості думок експертів.

Отримані результати по другому етапу (для (1) : $W = 0,11$; для (2) : $W = 0,28$; для (3) : $W = 0,14$) показали, що експерти розходяться в думках щодо визначення впливу групи передумов на причини-ризика. Зважаючи на що, другий етап експертної оцінки потребує повторної реалізації.

8. Досягнуто мету дослідження – розробка підходу ефективного управління убезпеченням руху поїздів, максимально адаптованого до реалій процесу або системи шляхом: по-перше, використання реальної статистики відмов (п.4.1) та термінології, яка зрозуміла персоналу; по-друге, в роботі реалізовано виявлення прихованих вузьких місць, які визначають надійність конкретної організації або процесу, а для їх попередження запропонована проста та очевидна форма управлінського рішення у вигляді дорожньої карти (табл. 4.8); по-третє, застосування управління ризиками (рис. 3.6, таблиці 4.6, 4.7), проведено на основі нормативного документу [2], який є обов'язковим для всіх підприємств сфери залізничного транспорту.

9. Сфера застосування результатів – це структурні підрозділи залізничного транспорту, які забезпечують безпеку руху поїздів. Методика може застосовуватись

також на інших видах транспорту, необхідно тільки адаптувати її до відповідної статистики відмов.

10. Широке застосування розробленої квазі-прогностичної методики управління забезпеченням перевізного процесу є можливим шляхом її комп'ютеризації та прагнення керівництва структурного підрозділу.

11. Економічний ефект від впровадження запропонованої квазі-прогностичної методики пояснюється скороченням ресурсу на управління безпекою руху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рекомендації щодо вживання термінів та визначень із безпеки руху поїздів. Затверджено Наказом МТУ від 03.06.2004 р. №464 [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=27155 (дата звернення 23.12.2021).
2. Про затвердження Положення про систему управління безпекою руху на залізничному транспорті. Затверджено Наказом МІУ від 24.12.2020 р. №842. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-21#Text> (дата звернення 25.12.2021).
3. Державна служба статистики. Статистичні дані. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 03.01.2022).
4. Лісенков В.М. Статистична теорія безпеки руху поїздів : посібник. М.: ВНІТІ РАН, 1999. 332 с. (р.м.)
5. Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг: колективна монографія / В.М. Самсонкін, І.В. Ніколаєнко, Ю.В. Булгакова та ін.. Київ: Талком, 2021. 312 с.
6. Лісенков В.М. Безпека технічних засобів в системах управління рухом поїздів: посібник. М.: Транспорт, 1992. 192 с. (р.м.)
7. Bulakh M., Okorokov A., Baranovskyi D. Risk System and Railway Safety. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 666 (Iss. 4). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/4/042074>
8. Read G. J. M., Naweed A., Salmon P. M. Complexity on the rails: A systems-based approach to understanding safety management in rail transport. *Reliability Engineering & System Safety*. 2019. Vol.188. Pp. 352–365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.03.038>
9. Семенов А.К., Набоков В.І. Основи менеджменту: підручник. М.: Видавничо-торгова корпорація «Дашков і К», 2008. 556 с. (р.м.)
10. ISO 8402:1994 Quality management and quality assurance –Vocabulary. 1994. 39 p. (дата звернення: 15.01.2022).

11. Самсонкін В.М., Соловйова О.С. Передбачення аварії на залізничному транспорті: чи можливо це? *X Наукова конференція «Наукові підсумки 2021 року». Збірка наукових праць*. Харків: Технологічний центр, 2021. С. 43.
12. El Miloudi El Koursi, Subhabrata Mitra, G. Bearfield. Harmonising Safety Management Systems in the European Railway Sector. *Safety Science Monitor*. 2007. Vol. 11 (Issue 2). 14 p.
13. Rail transportation occurrences in 2020. URL: <https://www.bst-tsb.gc.ca/eng/stats/rail/2020/sser-ssro-2020.html> (дата звернення 20.01.2022).
14. Federal Railroad Administration. Office of Safety Analysis. URL: <https://safetydata.fra.dot.gov/OfficeofSafety> (дата звернення 23.01.2022).
15. Eurostat. Rail accidents by type of accident. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tran_sf_railac/default/table?lang=en (дата звернення 26.01.2022).
16. Statista. Number of railway accidents in South Korea from 2011 to 2022. URL: <https://www.statista.com/statistics/1149196/south-korea-number-of-railway-accidents/> (дата звернення 01.02.2023).
17. Railway Safety Management System Regulations. 2015. URL: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2015-26/index.html> (дата звернення 03.02.2022).
18. Safety Management System (SMS). URL: https://www.era.europa.eu/domains/safety-management/safety-management-system-sms_en (дата звернення 08.02.2022).
19. Rail Safety Division. URL: <https://www.kotsa.or.kr/eng/railroad/railIntro.do?menuCode=04010000> (дата звернення 15.02.2022).
20. Іванов О.В. Нові методи дослідження проблем безпеки на залізничному транспорті. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2012. № 4. С. 82-86. DOI: <https://doi.org/10.15802/ecsrt2012/50907>
21. Аналіз методик оцінки рівня безпеки руху поїздів на залізничному транспорті / О. В. Розсоха, М. Є. Конотопська, О. А. Шабатіна, С. З. Вітола. *Збірник*

- наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2015. Вип. 156. С. 102-105.
22. Дурнів Р.А., Колеганов С.В. Комплексна оцінка рівня транспортної безпеки : постановка задачі та замисел рішення. *Безпека життєдіяльності*. 2014. №. 9. С. 9-14. (р.м.)
23. Олінович Н.А. Розробка методів оцінки рівня безпеки як механізму підвищення якості перевезень: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.05. ІГУПС, 2011. 156 с. (р.м.)
24. Shubinsky I.B., Zamyshlyayev A.M., Pronevich O.B. Graph method for evaluation of process safety in railway facilities. *Dependability*. 2017. №17(1). Pp. 40-45. DOI: <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2017-17-1-40-45>
25. Samsonkin V., Popova H., Shcherbyna R., Horetskyi O., Soloviova, O. Analysis of empirical research of students and graduates of the faculty of «Railway transport management» about the state of psychological climate in railway subdivisions. *Transport Systems and Technologies*. 2022. № 39. Pp. 190–208. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-18>
26. Горопашна А.В. Методи аналізу безпеки складних технічних систем: дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 05.13.01. СПб., 2009. 109 с. (р.м.)
27. Самсонкін В. М., Мойсеєнко В.І. Теорія безпеки на залізничному транспорті : монографія. К.: Видавництво «Каравела», 2014. 248 с.
28. Самсонкін В.М. Системний підхід в проблемі управління безпекою руху. *Вісник Дніпропетр. нац. університету ім.ак. В. Лазаряна*. Вип. 8. 2005. С. 101-106. (р.м.)
29. Samsonkin V.M., Soloviova O.S., Bureika G. Improving the efficiency of railway safety management in the digital era: an analysis of forecasting methods. *Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз; збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції*. Дніпро: Український державний університет науки і технологій, 2022. С. 20-28.

30. Галушак М. П., Галушак О. Я., Кужда Т. І. Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посібник для економічних спеціальностей. Тернопіль: ФОП Паляниця, 2021. 160 с.

31. ДСТУ ISO Guide 73:2013. Керування ризиком. Словник термінів (ISO Guide 73:2009, IDT). [Чинний від 2014-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 17 с. (дата звернення: 01.06.2023).

32. Strelko O., Solovyova O., Berdnychenko Y., Kyrychenko H., Solovyova L. Study of the contemporary trends in the development of transport systems of the Ukrainian railways. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*. 2023. № 22(2). Pp. 263–279. DOI: <https://doi.org/10.31648/aspal.8444>

33. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018 Risk Management – Principles and guidelines on implementation, IDT). [Чинний від 2019-01-01]. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en> (дата звернення 10.10.2023).

34. ДСТУ ISO/TR 31004:2013. Управління ризиками – Керівництво з впровадження ISO 31000 (Risk management – Guidance for the implementation of ISO 31000, IDT). [Чинний від 2019-01-01]. URL: <https://www.iso.org/standard/56610.html?browse=tc> (дата звернення 10.10.2023).

35. Kalem A., Lindov O., Šimić E. Safety Culture in the Function of Optimization of Railway Safety Management System. In: *Karabegović, I. (eds) New Technologies, Development and Application IV. NT 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham. 2021. Vol. 233. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-75275-0_77

36. Акімов В. А. Надійність технічних систем і техногенний ризик : навч. посібник. М.: ЗАО ФІД «Діловий експрес». 2002. 368 с. (р.м.)

37. Handbook of risk theory: Epistemology, decision theory, ethics, and social implications of risk / S. Roeser, R. Hillerbrand, P. Sandin, M. Peterson. Dordrecht: Springer. 2012. 1187 p.

38. Proske D. Catalogue of Risks. Natural, Technical, Social and Health Risks / D. Proske. Berlin Heidelberg: Springer Verlag. 2008. 503 p.

39. Mohammad Modarres, Mark Kaminskiy, Vasiliy Krivtsov. Reliability Engineering and Risk Analysis: A practical guide. London: CRC Press Taylor & Francis Group. 2010. 445 p.

40. Samsonkin V., Goretskyi O. Control Technology of Railway Traffic Safety: A System Approach and Digitalization. *Proceedings of the International Conference TRANSBALTICA 2019: TRANSBALTICA XI: Transportation Science and Technology*. 2019. Pp 633-638. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-38666-5_66

41. Соловйова О.С. Удосконалення системи управління безпекою на українських залізницях. *LXXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ: НТУ, 2022. Вип. 78. С. 197.

42. El Cadi. Riskomania: Le jeu du management des risques. *CRENG project training master class under the ERASMUS+ program* (13-23.01.2020). Valenciennes, France. 2020.

43. Samsonkin V., Nikolayenko I., Bulgakova Yu.. Engineering of crises and risks of transport services: collective monograph. Kyiv: Talkom, 2021. 312 p.

44. Gu Shuang, Keping Li, Tao Feng, Dongyang Yan, Yanyan Liu. The prediction of potential risk path in railway traffic events. *Reliability Engineering & System Safety*. 2022. V. 222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108409>

45. Соловйова О.С. Аналіз та огляд підходів до оптимізації управління безпекою на залізничному транспорті. *Збірник тез науково-практичної конференції студентів, аспірантів і викладачів*. Київ: ДУІТ, 2022. С. 443-445.

46. Quantifying the impact of risk factors at railway level crossings using accident prediction models: A cross-country study / Jiří Ambros, Jan Perůtka, Dominika Miksova, Attila Borsos, Christian Stefan, Rainer Stütz. *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA* (April 16-19, 2018, Vienna, Austria). 2018. Pp. 1-7.

47. Kasperovych S. Forecasting and planning of the economy: a course of lectures. М.: BGTU, 2007. 172 p.

48. Zamyshlyayev A. A method of managing the reliability and functional safety of railway transport facilities based on risk assessment. *Reliability*. 2012. №4. Pp. 149-157.

49. Galushchak M., Galushchak O., T. Kuzhda T. Forecasting social and economic processes: a guidebook for economic specialties. Ternopil: FOP Palyanitsya, 2021. 160 p.

50. Самсонкін В.М., Погорілий О.В., Соловійова О.С. Особливості застосування нового положення про систему управління безпекою руху в Україні. *Матеріали конференції: II Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми та перспективи інноваційного розвитку економіки і техніки в умовах інтеграції України в Європейський науково-виробничий простір*. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2022. С. 78-80.

51. Armstrong J. Scott, Green Kesten C. Forecasting Methods and Principles: Evidence-Based Checklists. *Journal of Global Scholars of Marketing Science*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/21639159.2018.1441735>

52. Самсонкін В.М., Друзь В.А. Метод статистичної закономірності в управлінні безпекою руху на залізничному транспорті : монографія. Д.: ДонІІТ, 2005. 158 с. (р.м.)

53. Samsonkin V., Petinov Ja. Development of the method of efficient monitoring of the main activity of a train driver. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. № 6/3(78). С. 52-59.

54. Samsonkin V., Druz V., Feldman A. Applying of Activities Management Based on Self-learning. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2018. Number 1. Pp. 29-38.

55. Development of an approach for operative control over railway transport technological safety based on the identification of risks in the indicators of its operation / V. Samsonkin, O. Goretskyi, V. Matsiuk, V. Myronenko, A. Boinik, V. Merkulov. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. №6/3 (102). Pp. 6-14.

56. Самсонкін В. М., Соловійова О. С., Погорілий О. В. Розробка першочергових нормативних документів з безпеки руху залізничного транспорту: досвід ЄС. *XI Наукова конференція «Наукові підсумки 2022 року»*. Збірка наукових праць. Харків: Технологічний центр, 2022. С. 59.

57. Друзь В.А., Самсонкін В.М. Єдина теорія систем, що самоорганізуються : монографія. Київ: Талком, 2022. 117 с.

58. Берталанфі Л. фон. Загальна теорія систем – огляд проблем та результатів. *Системні дослідження: щорічник*. 1969. С. 30-54. (р.м.)
59. Анохін П.К. Принципово нові питання загальної теорії функціональних систем : посібник. М.: Наука, 1971. 61 с. (р.м.)
60. Судаков К.В. Загальна теорія функціональних систем : посібник. М.: Медицина, 1984. 224 с. (р.м.)
61. Корольков А.А., Петленко В. П. Філософські проблеми теорії норми в біології та медицині : посібник. М.: Медицина, 1977. 391 с. (р.м.)
62. Заде Л.А. Основи нового підходу до аналізу складних систем та процесів прийняття рішень. *Математика сьогодні*. 1974. С.5-49. (р.м.)
63. M. Lefsrud L., Macciotta Pulisci R., Nkoro, A. Railway Association of Canada, Role of Safety Management Systems (SMS) in the railway industry and potential for enhancement of the Railway Safety Act (RSA). 2017 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://tc.canada.ca/sites/default/files/migrated/appendix_e.pdf (дата звернення 07.11.2023).
64. Соловійова Л., Соловійова О. Безпека життєдіяльності на залізничному транспорті. *Вісімнадцяті наукові читання, присвячені діяльності Олександра Парфентійович Бородіна (1848-1898)*. Київ: Талком, 2022. С. 17-31.
65. Ткаченко І. О. Ризики у транспортних процесах : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 114 с.
66. Соловійова О.С. Вплив людського фактору на рівень безпеки українських залізниць. *LXXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ: НТУ, 2023. Вип. 79. С. 349.
67. ООН. Управління ризиками в системі нормативного регулювання [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://unesc.org/ru/trade/publications/upravlenie-riskami-v-sistemakh-normativnogo-regulirovaniya> (дата звернення 27.11.2023).
68. Risk Acceptance Criteria: Overview of ALARP and Similar Methodologies as Practiced Worldwide. 2020. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://psc.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/2/2020/08/ALARP-Final-Paper-Publishing.pdf> (дата звернення 27.11.2023).

69. Стратегія управління ризиками та можливостями АТ «Укрзалізниця» : затверджено рішення наглядової ради АТ «Укрзалізниця» від 2021 р. К.: АТ «Укрзалізниця», 2021. 14 с.

70. Yurchenko O., Strelko O., Vasilova H., Rudiuk M., Goretskyi O. Analysis of the Possibility of Using Analytical Methods to Model the Risks and Consequences of Transport Events in the Transport of Dangerous Goods by Railway Transport. *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2022 Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023 Pp. 745-754. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9_61

71. Висоцька Т.І., Васілова Г.С., Булгакова Ю.В., Юрченко О.Г. Теоретичні передумови застосування аналітичних методів для моделювання процесів розвитку наслідків кризових ситуацій на залізничному транспорті Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг. *Crisis and Risk Engineering for Transport Services: зб. доповідей Міжнар. науково-метод.* Маріуполь : ПДТУ, 2021. С. 247 – 252.

72. Самсонкін В.М. Теоретичні основи автоматизованого контролю людського чинника в людино-машинних системах на залізничному транспорті : дис. док. тех. наук : 05.22.08. Харків, 1997. 440 с. (р.м.)

73. ДСТУ ISO 8258-2001. Статистичний контроль. Карти контрольні Шухарта (ISO 8258:1991, IDT). [Чинний від 2003–07–01]. К. : Держспоживстандарт України, 2006. 38 с. (дата звернення: 01.12.2023).

74. Commission Implementing Regulation (EU) No 402/2013 of 30 April 2013 on the common safety method for risk evaluation and assessment and repealing Regulation (EC) No 352/2009 Text with EEA relevance [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0402> (дата звернення 10.01.2024).

75. Мироненко В.К., Васілова Г.С., Горецький О.А. Система оцінки показників якості транспортного обслуговування при залізничних вантажних перевезеннях. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія : Транспортні системи і технології.* 2017. Вип. 31. С. 224 – 235.

76. Статистика технічних відмов у службі сигналізації та зв'язку Регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця» за період з 13.06.2018 по 29.12.2019 роки. URL: <https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/09/statistika-vidmov.xlsx> (дата звернення 17.12.2021).

77. Про затвердження Положення про класифікацію транспортних подій на залізничному транспорті: наказ Міністерства інфраструктури України від 03.07.2017 р. № 235. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0904-17#Text> (дата звернення 20.02.2022).

78. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.

79. Геворкян Е. С. Основи кваліметрії: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2022. 84 с.

80. Кавера О.Л. Методи наукових досліджень : конспект лекцій. Донецьк : ДонНТУ, 2013. 25 с.

81. Серова І. А., Мирна Т.С. Дослідження і прогнозування економічної кон'юнктури: конспект лекцій (для студентів спеціальності 8.050110 «Прикладна статистика» денної форми навчання). Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. 92 с.

82. Світлична Т.І., Дріль Н.В. Прогнозування : конспект лекцій (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.030504 «Економіка підприємства» 0501 «Економіка і підприємництво» спеціальності ЕП). Х: ХНАМГ, 2010. 112 с.

83. Про залізничний транспорт : Закон України від 04 липня 1996 р. № 273/96-ВР. *Відомості Верховної ради України*. 1996. № 40. С. 183. Дата оновлення: 04.11.2018. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 10.08.2023).

84. Bal O., Tverdomed V., Kovalchuk O. Innovative approaches to developing national railway safety policy and training safety leaders. *Transport Systems and Technologies*. 2024. 43. Pp. 121–135. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9059-2024-43-10>

85. Статут залізниць України. Постанова КМУ від 6 квітня 1998 р. № 457. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/457-98-%D0%BF> (дата звернення: 30.08.2023).

86. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України. Затверджено Наказом МТУ від 31 серпня 2005 р. №507. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0507650-05> (дата звернення: 14.09.2023).

87. Правила технічної експлуатації залізниць України. Затверджено Наказом МТУ від 20 грудня 1996 р. № 411. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0050-97> (дата звернення: 25.09.2023).

88. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням КМУ від 30.05.2018р. № 430–р [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80Text> – (дата звернення 08.10.2023)

89. Інформація про Українські залізниці. URL: <https://mtu.gov.ua> (дата звернення 07.04.2022).

90. Акціонерне товариство «Українська залізниця». URL: <https://www.uz.gov.ua/> (дата звернення 07.04.2022).

91. Про транспорт : Закон України від 10 листопада 1994 р. № 233/94-ВР. *Відомості Верховної ради України*. 1994. № 51. С. 446. Дата оновлення: 28.05.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 28.05.2024).

92. Herasymenko O. Risk-oriented approach to management: identification of risks of enterprise railway transport. *Bull. Cherkasy Bohdan Khmelnytsky Natl. Univ. Econ. Sci.* 2019. № 2. Pp. 13-19. DOI: 10.31651/2076-5843-2019-2-13-19

93. Toni Yuri Prastowo, Humiras Hardi Purba. Risk management on railway projects: a literature view. *FACTA UNIVERSITATIS. Series: Architecture and Civil Engineering*. 2020. Vol. 18, № 3. Pp. 231-240. DOI : <https://doi.org/10.2298/FUACE191212017P>

94. Dindar S., Kaewunruen S., An M. Identification of appropriate risk analysis techniques for railway turnout systems. *Journal of Risk Research*. 2018. № 21(8). Pp. 974–995. DOI : <https://doi.org/10.1080/13669877.2016.1264452>

95. Van Gulijk C., Hughes P., Figueres-Esteban M., Dacre M., Harrison, C. Big Data Risk Analysis for rail safety? *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems - Proceedings of the 25th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2015)*. 2015. Pp. 643-650. DOI : <https://doi.org/10.1201/b19094-88>

96. Панченко Н.Г. Формування системи ризик-менеджменту на залізничному транспорті України. *Агросвіт*. 2018. №22. С. 34-41. DOI: 10.32702/2306-6792.2018.22.34

97. Стрелко О.Г., Бердниченко Ю.А., Соловйова О.С., Альоша А.М., Манілевич Є.І. Підвищення рівня безпеки руху на залізничному транспорті за рахунок оптимізації роботи системи управління безпекою руху поїздів. *Вісник Херсонського національного технічного університету. Серія «Інженерні науки»*. 2021. №2(77). С. 57-65. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.2.7>

98. Ключев С.О. Управління безпекою руху в транспортних системах : конспект лекцій (для здобувачів вищої освіти усіх форм навчання, що навчаються за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» за спеціалізацією 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)» ОПП «Транспортні технології на залізничному транспорті». Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2022. 220 с.

99. Самсонкін В.М., Соловйова О.С. Безпека руху на залізничному транспорті: конспект лекцій (для студентів галузі знань 27 «Транспорт», спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)», освітньо-професійної програми «Транспортні технології (на залізничному транспорті)» денної та заочної форм навчання). К.: ДУІТ, 2021. 229 с.

100. Bal O. Formation and management of safety culture in the railway industry: best practices and strategies. *Transport Systems and Technologies*. 2023. № 42. Pp. 69–80. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9059-2023-42-6>

101. Нормативні акти з безпеки руху поїздів. К.: Укрзалізниця, 2004. 223 с.

102. Каличева Н. Є. Сучасні аспекти управління ризикоутворюючими чинниками комерційної діяльності підприємств залізничного транспорту. *Інфраструктура ринку*. 2020. Вип. 43. С. 168-172. DOI : <https://doi.org/10.32843/infrastructure43-30>

103. Bulakh M., Okorokov A. Operational model of risk management during the technical audit of traffic safety of railway transport. *Österreichisches Multiscience Journal* (Innsbruck, Austria). 2020. Vol. 1, №28. Pp. 50-55.

104. Огороков А. М., Булах М. О. Система ризиків транспортного процесу на залізницях України. *Збірник статей LXI Міжнародної наукової конференції «Актуальні наукові дослідження в сучасному світі»*. 2020. Вип. 5(61), Ч. 1. С. 178-182.

105. Бантюков С.Є., Бантюкова С.О. Управління ризиками в системі залізничних перевезень. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. №3. С.19-20.

106. Воловельська І.В., Данкова В., Мурза Я.В., Юращук Л.Б. Управління ризиками. Теоретичний аспект. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2021. № 75. С. 76-80. DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.75.281365>

107. Рачинська А. В. Сутність та класифікація ризиків на залізничному транспорті. *Ефективна економіка*. 2016. №11. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5267>. (дата звернення 16.01.2022).

108. Burdyak P. Model of risk management in railway transport. *International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023. E3S Web of Conferences*. 2023. V. 402. 8 p. DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340206017>

109. Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Бібік С. І. До питання методики оцінки етапів управління ризиками на підприємствах. *Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф.* (5–7 квіт. 2021 р., м. Івано-Франківськ). 2021. С. 419–421.

110. Кульова Д. О., Кравець А. Л., Киман А. М. Ризик-орієнтовані технології перевезень: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2023. Ч. 1. 69 с.

111. Samsonkin V., Sotnyk V., Yurchenko O., Soloviova O., Zmii S., Myronenko V. Devising a methodology to manage the performance of technical tools of rail transport signaling systems based on the risks of their functioning. *Eastern-European Journal of*

Enterprise Technologies. 2022. 6/3 (120). Pp. 32–43. DOI : <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268715>

112. Samsonkin V., Yurchenko O., Bulgakova I., Soloviova O., Akbaeva A. Prevention of Crisis Situations During the Operation of the Critical Infrastructure of Railway Transport. International Conference TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2023 (14-15 September; Vilnius, Lithuania). Springer, Cham, 2024. Pp. 562-573. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7_56

113. Guide for the application of the Commission Regulation on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(a) of the Railway Safety Directive [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.era.europa.eu/sites/default/files/activities/docs/guide_for_application_of_cms_en.pdf (дата звернення 18.02.2024).

114. Michalak M., Górka W., Bagiński J., Rogowski D., Socha M., Stęclik T., Flisiuk B., Leśniak D., Sikora, M. Central threat register – a complex system for risk analysis and decision support in railway transport. *IET Intelligent Transport Systems*. 2020. № 14(8). Pp. 970–981. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-its.2019.0695>

115. An M., Qin Y., Jia L. M., Chen, Y. Aggregation of group fuzzy risk information in the railway risk decision making process. *Safety Science*. 2016. № 82. Pp. 18–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.08.011>

116. Rahmayana P. E., Purba, H. H. Risk management in railway during operation and maintenance period: a literature review. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*. 2019. №04(04). Pp. 29–35. DOI: <https://doi.org/10.33564/ijeast.2019.v04i04.005>

117. Safety management systems. ONRSR. URL: <https://www.onrsr.com.au/safety-essentials/safety-management-systems> (дата звернення 10.03.2024).

118. CENELEC EN 50126: Railway Applications The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). 1998. 129 p. (дата звернення 01.04.2024).

119. CENELEC EN 50126-2: Railway Applications Dependability for Guided Transport Systems. Part 2: Safety. 1999. 77 p. (дата звернення 01.04.2024).

120. CENELEC EN 50128: Railway Applications -Communications, signaling and processing systems Software for Railway Control and Protection Systems. 2000. 108 p. (дата звернення 02.04.2024).

121. Теєг Г., Власенко С. Системи автоматики та телемеханіки на залізницях світу : навч.посібник. М: Інтекст, 2010. 496 с. (р.м.)

122. Дослідження засобів керування і контролю системи МПЦ : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Станційні системи автоматики» для студентів спеціальності 7.092507 «Автоматика і автоматизація на транспорті» усіх форм навчання / С. В. Панченко, В.П. Мороз, С.О. Змій, Р.В. Турчинов. Харків : УкрДУЗТ, 2016. 25 с.

123. Мойсеєнко В.І. Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів : монографія / В.І. Мойсеєнко, С.Л. Пархоменко, М.М. Чепцов, Т.А. Коцюба. Під заг. ред. Мойсеєнка В.І. Харків: 2013. С. 393.

124. Соколов О.Й. Розробка методики оцінки рівня безпеки руху на залізничному транспорті : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.22.20. Харків, 2000. 20 с.

125. Ризик-стратегія в управлінні безпекою суб'єкта господарювання у надзвичайних ситуаціях : методичні вказівки до виконання практичних робіт / В. А. Дубінін, Л. М. Маркіна, С. Ю. Ушкац, Н. Ю. Жолобенко, О. В. Власенко. Миколаїв : НУК, 2023. 80 с.

126. Валієв М. Ш., Махкамов А.Х. Аналіз ризиків в області безпеки руху поїздів на залізницях Узбекистану. *Universum: технічні науки : електр. науковий журнал*. 2020. 12(81). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11116> (дата звернення: 27.05.2023). (р.м.)

127. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). [Чинний від 2014-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 80 с. (дата звернення: 01.06.2023).

128. Боняр С. М., Тарашевський М. М. Ідентифікація та оцінка ризиків транспортних підприємств. *Бізнес Інформ*. 2019. №9. С. 185–192. DOI : <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-9-185-192>

129. Habib Hadj-Mabrouk. Analysis and prediction of railway accident risks using machine learning. *AIMS Electronics and Electrical Engineering*. 2020. № 1. Pp. 19–46. DOI: <https://doi.org/10.3934/electreng.2020.1.19>

130. Управління транспортними технологіями: конспект лекцій / Д. В. Ломотько, Г. О. Примаченко, Ю. В. Шульдінер, О. М. Харламова. Харків: УкрДУЗТ, 2020. Ч. 1. 48 с.

131. Самсонкін В.М., Соловійова О.С. Інтелектуальна підсистема управління готовністю технічних засобів забезпечення руху поїздів у господарстві сигналізації та зв'язку. *4-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології» : тези доповідей*. Харків: УкрДУЗТ, 2023. С. 22-24.

132. Klebanova T. Forecasting Methods: a tutorial. Kharkov: Ed. HGEU, 2002. 372 p.

133. Гуменюк В.Я., Міщук Г.Ю., Олійник О.О. Управління ризиками: навч. посіб. Рівне.: НУВГП, 2009. 156 с.

134. Менеджмент на залізничному транспорті: навч. посібник / О. Г. Дейнека. Харків: УкрДЗТ, 2010. 300 с.

135. Myronenko V., Hrushevskaya T., Vasilova H., Yurchenko O. Calculations of emergency response capabilities as parameters of the queueing system. *3rd International Scientific and Practical Conference «Energy-Optimal Technologies, Logistic and Safety on Transport» (EOT-2023)*. *MATEC Web of Conferences*. V. 390. 2024. DOI : <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439003014>

136. Samsonkin V., Soloviova O., Myronenko V., Yurchenko O. Features of the proactive strategy application for railway safety management. *International Scientific-Practical Conference in a hybrid format on «The Fourth Industrial Revolution and Innovative Technologies» (May 3-4, 2023)*. Ganja: Azerbaijan Technological University, 2023. URL: <https://atu.edu.az/storage/konfrans/1101697236807.pdf> (дата звернення: 20.10.2023).

137. Самсонкін В.М., Соловійова О.С. Цифровізація процесів запобігання надзвичайним ситуаціям на залізничному транспорті. *Problems of Emergency*

Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 132-133.

138. Самсонкін В.М., Юрченко О.Г., Мироненко В.К., Соловійова О.С., Булгакова Ю.В. Методика запобігання кризовим ситуаціям на основі оперативного управління ризиками на прикладі залізничного транспорту. *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції.* Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 134-135.

ДОДАТОК А

Основні методи оцінки ризиків та ступені їх застосування

Таблиця А.1

Характеристика основних методів оцінки ризиків

Метод оцінки ризику	Короткий опис методу
1	2
Контрольні листи	Проста форма ідентифікації ризику, що дозволяє надати користувачеві перелік джерел невизначеності, який необхідно розглянути. Користувачі використовують раніше розроблений перелік, кодекси (зведення правил) та стандарти.
Попередній аналіз небезпек (РНА)	Простий індуктивний метод аналізу, мета якого полягає в ідентифікації небезпек, небезпечних ситуацій та подій, які можуть завдати шкоди діяльності, обладнанню чи системам організації.
Структуроване інтерв'ю та мозковий штурм	Спосіб отримання набору ідей та оцінок, що ранжуються командою. Мозковий штурм можна стимулювати шляхом застосування методів інтерв'ю «один на один» або «один із групою».
Метод Делфі	Метод отримання експертних оцінок, які можуть допомогти при ідентифікації джерел та впливів небезпек, кількісній оцінці ймовірності та наслідків і загальної оцінки ризику. Цей метод узагальнення думок експертів дозволяє провести незалежний аналіз та голосування експертів.
Структурований аналіз сценаріїв методом «що, якщо?» (SWIFT)	Система, яка допомагає групі фахівців ідентифікувати ризик. Зазвичай використовують на невеликих нарадах. Застосовують разом із методами аналізу та оцінки ризику.
Аналіз впливу людського фактору (HRA)	Метод дослідження впливу людського фактору на систему та оцінка помилок людини, що впливає на роботу системи.
Аналіз першопричин (RCA)	Метод аналізу втрат, що відбулися, для встановлення їх причин і пошуку способів удосконалення системи або процесу попередження подібних втрат у майбутньому. У процесі аналізу необхідно досліджувати методи управління, що використовуються на місцях, в момент появи втрат і можливості оптимізації управління.
Аналіз сценаріїв	Метод дослідження та ідентифікації можливих сценаріїв розвитку подій шляхом подання або екстраполяції відомих небезпечних подій та ризиків у припущенні, що кожен із цих сценаріїв може статися. Метод може бути використаний формально чи неформально, аналіз може бути якісним чи кількісним.

Продовження таблиці А.1

1	2
Оцінка токсикологічного ризику	Метод ідентифікації та аналізу небезпек і можливих шляхів їх поширення дозволяє отримати інформацію про рівень експозиції та шкоди для навколишнього середовища та корисний при оцінці ймовірності завдання такої шкоди.
Аналіз впливу на бізнес (ВІА)	Метод дозволяє провести аналіз ризику порушення (руйнування) ключових видів діяльності організації та ідентифікувати можливості управління цими порушеннями (руйнуваннями).
Аналіз дерева несправностей (FTA)	Метод, відповідно до якого ідентифікують відмову системи (головна подія) і потім визначають шляхи її виникнення, які зображують графічно у вигляді логічної деревоподібної діаграми. За допомогою дерева несправностей досліджують способи зниження чи усунення потенційних причин/джерел несправності.
Аналіз дерева подій (ETA)	Метод, згідно з яким для оцінки ймовірності реалізації подій та їх переходу до інших подій використовують індуктивні висновки.
Аналіз причин та наслідків	Метод, який поєднує методи дерева несправностей та дерева подій, що дозволяє врахувати час запізнення. В рамках методу можуть бути досліджені причини та наслідки події, що виникла.
Причинно-наслідковий аналіз	Дія може мати кілька впливаючих факторів, які можуть бути згруповані в різні категорії. Впливаючі фактори часто ідентифікують під час проведення мозкового штурму і відображають у формі деревоподібної структури або риб'ячого скелету.
Аналіз видів та наслідків відмов (FMEA) та аналіз критичності видів та наслідків відмов (FMESA)	Аналіз видів та наслідків відмов є методом ідентифікації видів та процесу розвитку відмови та її наслідків. Існує кілька його типів: FMEA проекту (або продукції) та їх компонентів, FMEA систем, FMEA процесу (для виробничих та складальних процесів), FMEA технічного обслуговування та FMEA програмного забезпечення. FMEA може супроводжуватися аналізом критичності кожного виду відмови, що оцінюється за якісною, кількісною або змішаною шкалою (FMESA). Аналіз критичності видів та наслідків відмов може бути заснований на оцінці ймовірності того, що досліджуваний вид відмови призведе до відмови системи або рівня ризику, що відповідає даному виду відмови, або переважного ризику.
Технічне обслуговування, спрямоване на забезпечення надійності	Метод ідентифікації та запровадження політики технічного обслуговування, спрямований на досягнення результативності та ефективності необхідних безпеки, надійності та економічності роботи обладнання.
Аналіз прихованих дефектів	Метод ідентифікації прихованих помилок проекту. Для виявлення прихованих відмов використовують спеціальне обладнання, програмне забезпечення або інтегровані способи перевірки, які можуть спричинити виникнення несприятливої події або призупинити сприятливу подію. Ці події не повинні бути викликані

Продовження таблиці А.1

1	2
	відмовою компонентів, які мають випадковий характер, та їх важко виявити під час випробувань системи. Приховані відмови можуть призвести до порушень функціонування системи, збоїв під час виконання програми і навіть смерті чи травм персоналу.
Дослідження небезпеки та працездатності (HAZOP)	Загальний процес ідентифікації потенційних небезпек, спрямований на виявлення можливих слабких місць або відхилень від способів виконання робіт (передбачуваних або призначених). Метод ґрунтується на використанні системи керуючих слів. При цьому також оцінюють критичність виявлених відхилень.
Аналіз небезпеки та критичних контрольних точок (НАССР)	Система запобіжних (попереджувальних) дій, спрямованих на забезпечення якості продукції, надійності та безпеки процесів, на основі застосування моніторингу та вимірювань специфічних характеристик, які мають перебувати у встановлених межах (критичні контрольні точки).
Аналіз рівнів захисту (LOPA)	Метод дозволяє оцінити засоби управління та їх ефективність. (Метод називають аналізом бар'єрів)
Аналіз «краватка-метелик»	Простий схематичний спосіб опису та аналізу шляхів реалізації ризику (від небезпеки до наслідків та результатів), а також аналізу методів управління. У цьому методі об'єднані логіка дерева несправностей, з допомогою якого проводять аналіз причин події, та дерева подій, з допомогою якого аналізують наслідки.
Марківський аналіз	Марківський аналіз іноді називають аналізом станів, його зазвичай використовують при аналізі складних відновлюваних систем, які можуть перебувати в різних станах, включаючи стани з погіршеними характеристиками працездатності.
Моделювання методом Монте-Карло	Моделювання методом Монте-Карло використовують для встановлення змін системи, що виникають внаслідок змін вхідних даних системи з урахуванням розподілу вхідних даних та їх зв'язку з вихідними даними. Аналіз може бути застосований для моделі, що визначає взаємозв'язок вхідних та вихідних даних. Вхідні дані можуть бути описані як випадкові величини відповідними розподілами та властивою їм невизначеністю. Для оцінки ризику зазвичай використовують трикутні або бета-розподіли.
Байєсівський аналіз та мережі Байєса	Статистична процедура, що використовує для оцінки ймовірності результатів апіорний розподіл даних. Точність результатів Байєсовського аналізу залежить від точності апіорного розподілу. Байєсівська мережа моделює причинно-наслідкові зв'язки на основі аналізу ймовірнісних співвідношень вхідних даних та результатів.

Залежно від етапу процесу управління ризиком різні методи аналізу мають неоднаковий ступінь застосування (таблиця А.2).

Таблиця А.2

Застосування методів аналізу ризику на різних етапах оцінки ризику на залізничному транспорті

Методи	Процес оцінки ризиків				
	Ідентифікація ризиків	Оцінка величини ризиків			Оцінка ризику
		Аналіз наслідків	Аналіз частот	Рівень ризику	
1	2	3	4	5	6
Аналіз «дерева подій»	3	ШЗ	3	3	ШЗ
Аналіз «дерева несправностей»	3	НЗ	ШЗ	3	ШЗ
Причинно-наслідковий аналіз	3	ШЗ	ШЗ	3	3
Аналіз видів та наслідків відмов, а також аналіз критичності видів та наслідків відмов	ШЗ	ШЗ	ШЗ	ШЗ	ШЗ
Аналіз експлуатаційних характеристик та загроз	ШЗ	ШЗ	3	3	3
Попередній аналіз небезпек	ШЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ
Аналіз структурної схеми надійності	ШЗ	ШЗ	ШЗ	ШЗ	ШЗ
«Мозковий штурм»	ШЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ
Метод Делфі	ШЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ
Структурована методика «що, якщо?»	ШЗ	ШЗ	ШЗ	ШЗ	ШЗ
Сценарний аналіз	ШЗ	ШЗ	3	3	3
Аналіз причин	ШЗ	ШЗ	НЗ	НЗ	НЗ

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4	5	6
Аналіз «дерева рішень»	НЗ	ШЗ	ШЗ	З	З
Аналіз Марковських та напівмарковських процесів	З	ШЗ	НЗ	ШЗ	ШЗ
Моделювання по методу Монте-Карло	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	ШЗ
Індекси небезпек (ризик)	З	ШЗ	ШЗ	З	ШЗ
Моделювання за допомогою мереж Петрі	З	ШЗ	З	З	З
Примітки: З – застосовується ШЗ – широко застосовується НЗ – не застосовується					

ДОДАТОК Б

Анкета експерта першого етапу опитування

Шановний експерт!

По-перше, дякуємо вам за участь в дослідженні і вітаємо, бо вас вибрали експертом.

А тепер постановка задачі. В результаті обробки статистики відмов технічних засобів систем сигналізації залізниці було встановлено три найбільш вагомих причини: (1) Несправність елементів автоблокування, (2) Перегорання лампи, (3) Несправність релейних елементів електричної централізації. Проводяться дослідження з метою виявлення впливу різних сторін організації процесу експлуатації технічних засобів, які названі групами передумов. Всього їх шість.

Просимо висловити вашу думку щодо кількісної оцінки впливу передумов на виявлені найбільш вагомі причини, що надано у табл. Б.1.

Таблиця Б.1

Вплив груп передумов на причини-ризик у діяльності служби сигналізації та зв'язку

Група передумов, які впливають на причину	Причина відмов засобів сигналізації		
	Несправність елементів автоблокування	Перегорання лампи	Несправність релейних елементів електричної централізації
Недоліки управління підприємством			
Професійний рівень персоналу			
Дефекти виготовлення та стану технічних засобів			
Технічне обслуговування та експлуатація			
Ремонт			
Вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб			
	100%	100%	100%

Експертна оцінка буде проходити у два етапи.

На першому етапі просимо заповнити таблицю Б.1, вказавши відсоток долі впливу окремої групи передумов на кожну з причин (від 0% до 100%). Необхідно зауважити, що не кожна група передумов повинна впливати на причину, а тільки та, яку ви вважаєте. Загальна сума долей впливу по кожній причині повинна дорівнювати 100% (останній рядок табл. Б.1).

ДОДАТОК В

Анкета експерта другого етапу опитування

Шановний експерт!

По-перше, дякуємо вам за участь у другій частині дослідження.

На другому етапі необхідно оцінити долю впливу елементів груп передумов на кожен з трьох причин. Для цього треба заповнити табл. В.1, поставивши відповідну долю (у %) біля назви елемента передумови.

Просимо висловити вашу думку щодо кількісної оцінки впливу окремої передумови на причини відмов, що надано у табл. В.1. Для цього просимо заповнити таблицю В.1, вказавши відсоток долі впливу окремої передумови на кожен з причин (від 0% до 100%). Необхідно зауважити, що не кожна група передумов повинна впливати на причину, а тільки та, яку ви вважаєте. Загальна сума долей впливу по кожній причині повинна дорівнювати 100% (останній рядок).

Таблиця В.1

Вплив передумов на причини відмов засобів сигналізації, %

Група передумов	Передумова	Причина відмов засобів сигналізації		
		(1) Несправність елементів автоблокування	(2) Перегорання лампи	(3) Несправність релейних елементів електричної централізації
1	2	3	4	5
(В) Дефекти виготовлення та стану технічних засобів	3.1 неякісне обладнання, що закуповується			
	3.2 порушення технології утримання			
	3.3 низька якість матеріалів та запасних частин			
(Г) Технічне обслуговування та експлуатація	4.1 порушення регламентів обслуговування пристроїв та планів ППР			

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5
	4.2 неякісне обслуговування в умовах старіння технічних засобів			
	4.3 неналежний професійний рівень персоналу			
	4.4 недоліки складського зберігання			
	4.5 неврахування технологічних, вікон суміжних господарств у графіках технологічних процесів			
(Е) Вплив навколишнього середовища та сторонніх осіб	6.1 несприятливі погодні умови			
	6.2 природні катаклізми			
	6.3 стихійні лиха			
	6.4 шкідництво сторонніх осіб			
	6.5 псування майна			
	6.6 розкрадання та розукомплектування устаткування			
		100%	100%	100%

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Директор Київського інституту
залізничного транспорту
Державного університету
інфраструктури та технологій



Володимир ТВЕРДОМЕД

03 2025 р.

АКТ

«04» березня 2025 р.

Про впровадження в навчальний процес результатів дисертаційної роботи Олександри СОЛОВЙОВОЇ на тему: **«Розроблення предиктивного ризик-орієнтованого управління безпекою транспортних технологій на прикладі залізничних перевезень»**.

Складений комісією у складі:

Голова комісії: декан факультету управління залізничним транспортом ДУІТ, д.і.н., професор Олег СТРЕЛКО.

Члени комісії: завідувач кафедри технологій транспорту та управління процесами перевезень ДУІТ, к.т.н., доцент Розалія ЩЕРБИНА;
професор кафедри технологій транспорту та управління процесами перевезень ДУІТ, д.т.н., професор Валерій САМСОНКІН;
аспірант кафедри технологій транспорту та управління процесами перевезень ДУІТ Олександра СОЛОВЙОВА.

Комісія визначила фактичне впровадження наступних результатів дисертаційної роботи аспірантки Олександри СОЛОВЙОВОЇ в навчальний процес підготовки здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті).

Впроваджено:

1. Для студентів ОС «Бакалавр» в теоретичну складову дисципліни «Безпека руху на залізничному транспорті» (обсяг дисципліни 4 кредити, 15 лекцій (30 годин), 6 практичних занять (15 годин)) **додано теоретичні основи застосування ризик-менеджменту на залізничному транспорті.**

2. Для студентів ОС «Магістр» в теоретичну складову дисципліни «Системи управління безпекою та навколишнім середовищем у транспортних процесах» (обсяг дисципліни 4 кредити, 15 лекцій (30 годин), 6 практичних занять (15 годин)) **додано теоретичні основи використання поняття передумови у причинно-наслідкових зв'язках порушень регламенту технологічних процесів та діяльності структур залізничного транспорту.**

3. Для студентів ОС «Магістр» в теоретичну складову дисципліни «Управління безпекою на транспорті» (обсяг дисципліни 3 кредити, 7 лекцій (15 годин), 5 практичних занять (15 годин)) **додано теоретичні основи використання експертних оцінок в управлінні процесом убезпечення перевізного процесу на залізничному транспорті, серед яких метод Делфі.**

4. Для студентів ОС «Магістр» в практичну складову дисципліни «Управління безпекою на транспорті» (обсяг дисципліни 3 кредити, 7 лекцій (15 годин), 5 практичних занять (15 годин)) **додано практичне заняття «Перевірка знань з системи управління безпекою руху на підприємствах залізничного транспорту».**

Голова комісії:

Члени комісії



Олег СТРЕЛКО

Розалія ЩЕРБИНА

Валерій САМСОНКІН

Олександра СОЛОВЙОВА



06.11.2024р НР Ш-24/115

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Соловйової Олександри Сергіївни на тему «Розроблення предиктивного ризик-орієнтованого управління безпекою транспортних технологій на прикладі залізничних перевезень»

Структурний підрозділ «Служба сигналізації та зв'язку» регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» прийняв до використання на практиці результатів теоретичних та експериментальних досліджень, а також рекомендації щодо визначення вузьких місць та ризиків, запропоновані Державним університетом інфраструктури та технологій, в особі аспірантки Соловйової О.С. та наукового керівника - професора кафедри технологій транспорту та управління процесами перевезень, д.т.н., проф. Самсонкіна В.М..
 Результати містять:

– методику систематизації реальної статистики збоїв технічних засобів залізничної автоматики та подальшого аналізу з метою виявлення вузьких місць та ризиків їх експлуатації;

– визначення поняття «передумова» порушення безпеки руху з використанням розробленого класифікатору передумов технічних збоїв та порушень засобів залізничної автоматики у господарстві сигналізації та зв'язку залізниці;

– процес розробки управлінського рішення на основі виявлених ризиків для підвищення ефективності профілактичної роботи у службі сигналізації та зв'язку.

Начальник структурного підрозділу
 «Служба сигналізації та зв'язку»
 регіональної філії «Південна залізниця»
 АТ «Укрзалізниця»



Олексій КУЗЬМЕНКО