МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БУЛАХ МАРИНА ОЛЕКСІЇВНА

УДК 656.2:658.562

ДИСЕРТАЦІЯ

ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

галузь знань 27 - Транспорт
спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник: Окороков Андрій Михайлович,
кандидат технічних наук, доцент

ДНІПРО – 2020

АНОТАЦІЯ

Булах М.О. Формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами). – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2020.

Оскільки Україна, як держава, обрала курс до євроінтеграції, і провадить реформаційні зміни, які зараз відбуваються в галузі залізничного транспорту, то виникає необхідність впровадження нових підходів до гарантування безпеки руху, а також нових підходів до оцінки безпеки руху. Особливої актуальності набуває ця проблема стосовно об'єктів, що знаходяться в експлуатації більше 20 років, устаткування та обладнання яких фізично і морально застаріло, а технічні рішення не відповідають сучасному рівню розвитку науки і техніки, вимогам норм і правилам промислової безпеки.

У зв'язку з демонополізацією та лібералізацією ринку залізничних перевезень, у результаті проведеної реструктуризації АТ «Українська залізниця», яке мало централізований підхід у забезпечені безпеки руху, підтримання цього підходу з боку незалежних операторів є досить сумнівним. Тому особливої актуальності набуває питання розробки та застосування механізмів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті. В якості одного з інструментів зовнішнього контролю, що включає інтереси держави, АТ «Українська залізниця», приватних учасників ринку залізничних перевезень та потенційних інвесторів, може бути застосований технічний аудит, який вже набув широкого застосування в інших секторах економіки. Особливості та ефективність застосування технічного аудиту в інших секторах економіки вказують на доцільність його застосування і на залізничному транспорті,

проте, відсутність законодавчого регулювання діяльності при проведенні технічного аудиту, конкретно визначеної процедури і методів вимагають вирішення певного кола завдань. Тому, тема дисертаційної роботи є актуальною.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому:

- вперше розроблено математичну модель оцінки ризиків за апріорними, апостеріорними значеннями та інтегральною оцінкою, що призначена для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті під час технічного аудиту, на основі якої може бути надана комплексна характеристика безпеки руху, встановлення можливих загроз та прогнозування ризиків;

- вперше отримано математичну модель для визначення та прогнозування потенційного (критичного) поля небезпеки при зовнішньому контролі безпеки руху на залізничному транспорті, яка дозволяє визначити заходи або невідкладні дії щодо усунення можливих загрозливих ситуацій у транспортних процесах;

- удосконалено експлуатаційну модель управління ризиками, яка включає показники інвестицій та експлуатаційних витрат, що, на відміну від існуючої, враховує продуктивність праці, яка дозволяє більш точно здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху на залізничному транспорті та здійснювати управління ризиками при зовнішньому контролі;

- набула подальшого розвитку система ризиків, що, на відміну від існуючої, включає інформацію про технічні відмови та порушення технології транспортного процесу з визначенням загального, інтегрального, локального, спеціального і точкового ризиків, що дозволяє при зовнішньому контролі більш точно характеризувати поточний та прогнозований стан безпеки руху на залізничному транспорті.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблена методика та моделі можуть бути використані в якості методів зовнішнього контролю під час

проведення технічного аудиту, а також для вирішення задачі оцінки, прогнозування та підвищення безпеки руху на залізничному транспорті.

Алгоритм виконання розрахунків і побудови графічних залежностей в процесі проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю реалізовано у вигляді програмного додатку з використанням середовища Microsoft Excel, що спрощує процес роботи аудитора і зменшує трудомісткість робіт.

Отримані результати роботи використовуються у підрозділах АТ «Українська залізниця».

У результаті виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, приведених у дисертаційній роботі, вирішено наукову задачу з формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті. На основі запропонованих підходів і розроблених математичних моделей можна визначити та спрогнозувати ризики для подальшого контролю, забезпечення та підвищення безпеки руху на залізницях, а також впровадити дієвий інструмент зовнішнього контролю безпеки руху незалежними суб'єктами ринку залізничних перевезень.

У першому розділі виконано аналіз становлення та змін умов функціонування залізничного транспорту України, який показав, що разом з добре розвиненою залізничною інфраструктурою, Україна отримала у спадок добре налаштовану систему управління безпекою руху. Підвищена увага до питань забезпечення безпеки на українських залізницях з боку науковців та практиків сприяла підтримці досить високого ступеня ефективності існуючої системи. Проте необхідно звернути особливу увагу на те, що одними з основних принципів, які одночасно можна розглядати і як запоруку ефективності системи, є централізований підхід до забезпечення безпеки, пріоритет безпеки руху перед експлуатаційними показниками та перед економічною доцільністю. Досліджуючи передумови формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, з урахуванням сучасних наукових розробок, установлено, що потенційним

інструментом зовнішнього контролю безпеки руху може бути технічний аудит. На основі аналізу особливостей та ефективності застосування технічного аудиту в інших секторах економіки, показано доцільність його застосування на залізничному транспорті.

У другому розділі для виконання дослідження обрані методи, визначено об’єкт та предмет. Проведено дослідження показників безпеки руху передбачених діючим Положенням та тих, що відображаються АТ «Українська залізниця» в щорічних звітах, яке показало відсутність комплексного показника безпеки руху. У результаті розробки методики проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху розроблена система ризиків, яка включає інформацію про технічні відмови та порушення технології транспортного процесу з визначенням загального, інтегрального, локального, спеціального і точкового ризиків, що дозволяє при зовнішньому контролі більш точно характеризувати поточний та прогнозований стан безпеки руху на залізничному транспорті. Крім того, визначено поняття та мету проведення технічного аудиту, як методу зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті.

У третьому розділі виконані теоретичні дослідження методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, у результаті яких розроблено математичну модель оцінки ризиків за апріорними, апостеріорними значеннями та інтегральною оцінкою, що призначена для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті під час технічного аудиту, на основі якої може бути надана комплексна характеристика безпеки руху, встановлення можливих загроз та прогнозування ризиків. Також отримано математичну модель для визначення та прогнозування потенційного (критичного) поля небезпеки при зовнішньому контролі безпеки руху на залізничному транспорті, яка дозволяє визначити заходи або невідкладні дії щодо усунення можливих загрозливих ситуацій у транспортних процесах.

У четвертому розділі приведені результати експериментальних досліджень практичного застосування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, які дозволили розрахувати апостеріорні та апріорні ризики, у т.ч. на основі моделі інтегральної оцінки стану безпеки руху на залізниці, яка включає кількість транспортних подій, кількість нещасних випадків на виробництві та кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху. Дана модель являє собою комплексну величину, що призначена для оцінювання загального рівня безпеки руху в процесі проведення технічного аудиту. Також отримано експлуатаційну модель управління ризиками, яка включає показники інвестицій та експлуатаційних витрат, що враховує продуктивність праці, яка дозволяє більш точно здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху на залізничному транспорті та здійснювати управління ризиками при зовнішньому контролі. Дана модель дозволяє здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху (транспортних подій) на необхідний період, а при варіюванні показниками продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат здійснювати управління ризиками. Для розроблених і удосконалених моделей була виконана оцінка адекватності. Так, для математичної моделі оцінки ризиків транспортних процесів на залізницях, адекватність визначено за критерієм Фішера – помилка склала менше 11,5 %; для експлуатаційної моделі управління ризиками, коефіцієнт детермінації якої дорівнює 0,9945 – середня відносна помилка склала 12,3%; для моделі інтегральної оцінки, адекватність визначено за критерієм Пірсона – помилка не перевищує 8,7 %.

Ключові слова: методи зовнішнього контролю, технічний аудит, безпека руху, ризики транспортних процесів, технічні і транспортні засоби, обладнання, технічні відмови, порушення технології роботи, прогноз, апріорний та апостеріорний ризики, небезпека, критичний рівень.

Список публікацій здобувача:

- в іноземних виданнях:

1. Bulakh, M. Zarządzanie ryzykiem systemów logistycznych na podstawie analizy wielowymiarowej / M. Bulakh // Monografia «Materiały, Technologie, Konstrukcje 1», Tom 1 «Predykcja w układach mechanicznych i automatycznych 2020 – modelowanie matematyczne i statystyczne» redakcja Janusz Weiss, Rozdział 3, Wydawnictwo – Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. – Rzeszów. – 2020. – S. 73-97.

2. Bulakh, M. Operational model of risk management during the technical audit of traffic safety of railway transport / M. Bulakh, A. Okorokov // Österreichisches Multiscience Journal (Innsbruck, Austria). – 2020. – vol. 1. – №28. – P. 50-55.

- включених до фахових видань, затверджених МОН України:

1. Окороков, А. М. Розширення цілей практичного застосування технічного аудиту на підприємствах залізничного транспорту / А. М. Окороков, М. О. Булах // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2017. – № 6 (72). – С. 30-39.

2. Okorokov, A. M. Proposals for improving the process of forming programs of reforming the railway transport industry / A. M. Okorokov, M. O. Bulakh // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2018. – №2 (74). – С. 57-66.

3. Окороков, А. М. Інтегральна оцінка стану безпеки руху поїздів на залізниці під час технічного аудиту / А. М. Окороков, М. О. Булах // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2019. – № 5 (83). – С. 99-107.

4. Булах, М.О. Удосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці / М. О. Булах // Наука та прогрес транспорту. Вісник

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2020. - №3. – С. 138-146.

- які засвідчують апробацію матеріалів дисертації на наукових конференціях та семінарах:

1. Окороков, А. М. Незалежний технічний аудит об'єктів залізничного транспорту / А. М. Окороков, М. О. Булах // Тези ІІ-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Енергооптимальні технології перевізного процесу». – Львів. – 2017. – С. 87-88.

2. Окороков, А. М. Особливості аналізу безпеки руху на залізничному транспорті України / А. М. Окороков, М. О. Булах // Тези доповідей 78 міжнародної НП конференції. – Дніпро. – 2018.

3. Окороков, А. М. Управління ризиками при залізничних перевезеннях / А. М. Окороков, М. О. Булах // Тези доповідей 79 міжнародної НП конференції. – Дніпро. – 2019.

4. Окороков, А. М. Методика визначення технічних ризиків і їх вплив на безпеку руху залізничного транспорту / А. М. Окороков, М. О. Булах // Тези доповідей 80 міжнародної НП конференції. – Дніпро. – 2020.

- які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Окороков, А. М. Технічний аудит – сучасний та перспективний шлях підвищення безпеки у вагонному господарстві / А. М. Окороков, М. О. Булах // Вагонний парк. – 2018. – № 6 (138). – С. 22-24.

2. Окороков, А. М. Система ризиків транспортного процесу на залізницях України / А. М. Окороков, М. О. Булах // Збірник статей LXI Міжнародної наукової конференції «Актуальні наукові дослідження в сучасному світі». – Переяслав. – 2020. – Вип. 5(61). – Ч. 1 – С. 178-182.

SUMMARY

Bulakh M.O. Formation of methods of external control of traffic safety in railway transport. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 275 Transport technologies (by types). – Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2020.

Since Ukraine, as a state, has chosen the course of European integration, and is carrying out the reform changes that are now taking place in the field of railway transport, it becomes necessary to introduce new approaches to ensuring traffic safety, as well as new approaches to assessing traffic safety. This problem is of particular relevance in relation to objects that have been in operation for more than 20 years, the equipment and equipment of which are physically and morally obsolete, and technical solutions do not correspond to the modern level of development of science and technology, the requirements of industrial safety standards and rules.

In connection with the demonopolization and liberalization of the railway transportation market, as a result of the restructuring of JSC «Ukrainian Railways», which had a centralized approach to ensuring traffic safety, the support of this approach by independent operators is highly doubtful. Therefore, the issue of the development and application of mechanisms for external control of traffic safety in railway transport is of particular relevance. As one of the instruments of external control, including the interests of the state, JSC «Ukrainian Railways», private participants in the railway transportation market and potential investors, a technical audit can be used, which has already been widely used in other sectors of the economy. The features and effectiveness of technical audit in other sectors of the economy indicate the feasibility of its application in railway transport, however, the lack of legislative regulation of activities during a technical audit, a specific procedure and methods, require solving a certain range of tasks. Therefore, the topic of the dissertation is relevant.

The scientific novelty of the results obtained is as follows:

- for the first time, a mathematical model for risk assessment by priori, posteriori values and an integral assessment was developed, which is intended for external control of traffic safety on railway transport during the technical audit, on the basis of which a comprehensive characteristic of traffic safety, identification of possible threats and risk prediction can be given;

- for the first time, a mathematical model has been obtained for determining and predicting a potential (critical) hazard field during external control of traffic safety on railway transport, which allows determining measures or urgent actions to eliminate possible dangerous situations in transport processes;

- the operational model of risk management has been improved, which includes indicators of investment and operating costs, which, in contrast to the existing one, takes into account labor productivity, makes it possible to more accurately predict the number of violations of traffic safety in railway transport and implement risk management under external control;

- the system of risks was further developed, which, unlike the existing one, includes information on technical failures and violations of the transport process technology with the definition of general, integral, local, special and point risks, which allows, with external control, to more accurately characterize the current and predicted state of traffic safety on railway transport.

The practical significance of the results obtained. The scientific results obtained in the dissertation work, as well as the developed methodology and models can be used as methods of external control during the technical audit, as well as to solve the problem of assessing, predicting and improving traffic safety in railway transport.

The algorithm for performing calculations and plotting graphical dependencies in the process of conducting the technical audit for external control is implemented as a software application using the Microsoft Excel environment, which simplifies the auditor's work process and reduces the complexity of work.

The results obtained are used in the subdivisions of JSC «Ukrainian Railways».

As a result of the performed theoretical and experimental studies, given in the dissertation work, the scientific problem of the formation of methods for external control of traffic safety in railway transport was solved. Based on the proposed approaches and developed mathematical models, it is possible to identify and predict risks for further control, provision and improvement of traffic safety on railways, as well as to introduce an effective tool for external control of traffic safety by independent subjects of the railway transportation market.

The first chapter analyzes the formation and changes in the conditions of functioning of Ukrainian railway transport, which showed that together with a well-developed railway infrastructure, Ukraine inherited a well-tuned traffic safety management system. The increased attention to safety issues on Ukrainian railways on the part of scientists and practitioners contributed to maintaining a sufficiently high degree of efficiency of the existing system. However, it is necessary to pay special attention to the fact that one of the basic principles, which can simultaneously be considered as a guarantee of the efficiency of the system, is a centralized approach to ensuring safety, the priority of traffic safety over performance indicators and over economic feasibility. Studying the prerequisites for the formation of methods for external control of traffic safety in railway transport, taking into account modern scientific developments, it was established that potential tool for external control of traffic safety can be a technical audit. Based on the analysis of the features and effectiveness of the application of technical audit in other sectors of the economy, the expediency of its application in railway transport is shown.

In the second section, methods were chosen, object and subject were defined. A study of traffic safety indicators provided for by the current Regulation and those that are displayed by JSC «Ukrainian Railways» in annual reports, which showed the absence of a comprehensive indicator of traffic safety, was carried out. In the course of developing a methodology for conducting the technical audit for external control of traffic safety, a system of risks was developed, which includes information on technical failures and violations of the technology of the transport

process with the definition of general, integral, local, special and point risks, which allows, with external control, to more accurately characterize the current and the predicted state of traffic safety in railway transport. In addition, the concept and objectives of the technical audit, as a method of external control of traffic safety on railway transport, have been determined.

In the third section, theoretical studies of methods of external control of traffic safety in railway transport were carried out, as a result of which a mathematical model for assessing risks by priori, posteriori values and an integral assessment was developed, which is intended for external control of traffic safety in railway transport during the technical audit, on the basis of which a comprehensive characteristic of traffic safety, identification of possible threats and risk prediction can be provided. Also, a mathematical model was obtained to determine and predict the potential (critical) hazard field during external control of traffic safety on railway transport, which allows you to determine measures or urgent actions to eliminate possible dangerous situations in transport processes.

In the fourth section, experimental studies of the practical application of methods of external control of traffic safety in railway transport are carried out, which made it possible to calculate posteriori and priori risks, including on the basis of an integral assessment model of the state of traffic safety on the railway, which includes the number of traffic accidents, the number of accidents per production and the number of violations identified by traffic safety auditors. This model is a complex value that is designed to assess the overall level of traffic safety in the process of conducting the technical audit. An operational model of risk management was also obtained, which includes indicators of investment and operating costs, and taking into account labor productivity, which allows more accurately predicting the number of traffic safety violations in railway transport and managing risks under external control. This model allows forecasting the number of traffic safety violations (traffic accidents) for the required period, and with varying indicators of labor productivity, investment and operating costs, to manage risks. Adequacy assessment was performed for the developed and

improved models. So, for the mathematical model for assessing the risks of transport processes on the railways, the adequacy was determined by the Fisher criterion – the error was less than 11.5%; for the operational model of risk management, the coefficient of determination of which is equal to 0.9945 – the average relative error was 12.3%; for the integral assessment model, the adequacy was determined by the Pearson criterion – the error does not exceed 8.7%.

Key words: methods of external control, technical audit, traffic safety, risks of transport processes, technical and vehicles, equipment, technical failures, violations of work technology, forecast, priori and posteriori risks, danger, critical level.

ЗМІСТ

ВСТУП 16
РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ПЕРЕДУМОВ ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ 24
1.1 Історія становлення безпеки руху на залізничному транспорті 24
1.2 Аналіз сучасних наукових досліджень безпеки руху на залізничному транспорті та методів і підходів до оцінки її стану 27
1.3 Зміни, що відбулися на залізничному транспорті в процесі євроінтеграції та їх вплив на безпеку руху 45
1.4 Технічний аудит як потенційний інструмент зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті 49
1.5 Висновки та постановка проблеми. Обґрунтування мети і формулювання задач наукового дослідження 54
РОЗДІЛ ІІ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДИКА ТЕХНІЧНОГО АУДИТУ ЯК ІНСТРУМЕНТУ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ 57
2.1 Методи, об’єкт і предмет дослідження 57
2.2 Показники безпеки руху на залізничному транспорті 58
2.3 Методика проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху 63
2.3.1 Порівняльна характеристика методик технічного аудиту, що застосовуються в різних секторах економіки 63
2.3.2 Особливості проведення технічного аудиту в галузі залізничного транспорту 67
2.3.3 Методика технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті 70
2.4 Висновки до розділу ІІ 78

РОЗДІЛ ІІІ ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ 80
3.1 Математична модель оцінки та прогнозування ризиків 80
3.2 Інтегральна оцінка стану безпеки руху в процесі здійснення зовнішнього контролю 101
3.3 Математична модель для визначення та прогнозування поля потенційної та критичної небезпеки 106
3.4 Удосконалення експлуатаційної моделі управління ризиками 107
3.5 Висновки до розділу ІІІ 110
РОЗДІЛ IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ 112
4.1 Алгоритм проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті 112
4.2 Результати експериментальних досліджень практичного застосування методів зовнішнього контролю 116
4.2.1 Інтегральна оцінка безпеки руху 116
4.2.2 Показники ризику та поля потенційної та критичної небезпеки 125
4.2.3 Побудова експлуатаційної моделі управління ризиками 146
4.3 Висновки до розділу IV 149
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 153
БІБЛІОГРАФІЯ 156
Додаток А 180
Додаток Б 194
Додаток В 196
Додаток Г 202
Додаток Д 216
Додаток Е 219

ВСТУП

Актуальність роботи. В сучасних умовах розвитку суспільства, транспорт та транспортна інфраструктура займають одне з найважливіших місць у сфері послуг. Незважаючи на те, що дана складова цієї сфери не пов'язана зі створенням безпосередніх матеріальних цінностей, її роль неможливо заперечувати з огляду на багатогранність виконуваних функцій. Забезпечення потреб населення та суб'єктів господарювання, можливості обміну матеріальними цінностями як на державному, так і на міжнародному рівнях, надають транспорту особливого значення та створюють передумови для того, щоб його розвиток став одним із пріоритетних завдань країни.

Одночасно з підвищенням уваги до розвитку, транспортні системи зазнають збільшення вимог до якісних характеристик, здійснюваних послуг та безпеки руху. Залізничний транспорт, у порівнянні з іншими видами транспорту, є найбільш безпечним, що є одним з його головних переваг, проте, сьогодні проблема забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті ускладнюється кількома факторами:

- по-перше, значну частину матеріально-технічної бази складають рухомий склад, елементи інфраструктури, обладнання, які експлуатуються понад 20 років, а отже не просто фізично застаріле, а не відповідає ані сучасному рівню розвитку науки і техніки, ані вимогам норм і правил промислової безпеки;

- по-друге, високий ступінь амортизації основних фондів АТ «Українська залізниця» свідчить про те, що процес експлуатації безумовно пов'язаний з істотними ризиками.

У зв'язку з вище приведеними факторами, постає проблема у своєчасному виявленні ризиків, що в результаті надасть можливість забезпечити необхідний чи прийнятний рівень безпеки руху.

Після обрання Україною шляху до євроінтеграції пріоритетним завданням усіх секторів економіки країни стало якнайшвидше приведення

показників діяльності до європейських стандартів. Сьогодні, умови функціонування залізничного транспорту багато в чому наблизилися до вимог ЄС, проте, деякі зміни, що вже відбулися та нововведення, які будуть впроваджені в найближчій перспективі створюють потенційні загрози для існуючої системи безпеки руху на залізничному транспорті.

Разом з добре розвиненою залізничною інфраструктурою та відносно придатним матеріально-технічним забезпеченням, Україна отримала у спадок добре налаштовану систему безпеки руху поїздів. Підвищена увага до питань забезпечення безпеки руху на українських залізницях з боку науковців та практиків сприяла підтримці досить високого ступеня ефективності існуючої системи. Так питанням безпеки руху на залізничному транспорті, та можливі шляхи її підвищення, присвячені праці науковців, таких як: Сокол Е.М., Самсонкін В.М., Соколов О.Й., Батіг А.В., Лужицький О.Ф., Возняк О.М., Болжеларський Я.В., Боднар Б.Є., Босов А.А., Бутько Т.В., Капіца М. І., Тартаковський Е.Д. та багато інших вчених. Серед закордонних вчених питаннями визначення та прогнозування стану безпеки руху на залізницях займалися: M. Patil, R. D. Shinde, Yu Lu, A. Miller, Chris Johnson, Tingdi Zhao, P. Smoczyński, A. Kadziński, R. Licciardello, A. Baldassarra, P. Vitali, A. Tieri, M. Cruciani, A. N. Vasile, M. M. Rekabi, R. M. Houdijk, M. Sasidharan, M. Burrow, G. Ghataora та багато інших вчених.

Визначенню та класифікації ризиків на залізничному транспорті з їх оцінкою та прогнозуванням присвячені праці таких вітчизняних науковців як: Бакаєв Л.О., Ткаченко І.О., Розсоха О.В., Рачинська А.В., Почечун О. І, Панченко О.І., Кривенко О.Б., Коноваленко Ю., Карась О.О., Журавель К.В., Корнійчук М., Совтус І., Березуцький В.В., Адаменко М.І., Кацман М.Д. та закордонних науковців: A. Stažnik, D. Babić, I. Bajor, A. Otto, P. Kellermann, A. H.Thieken, M. Máñez Costa, M. Carmona, P. Bubeck, A. Berrado, B. Leitner, E. M. Figueres, P. Hughes, C. Gulijk, J. Grenčík, R. Poprocký, J. Galliková, P. Volna, H. Hadj-Mabrouk, A. Jamshidi, S. Faghih-Roohi, S. Hajizadeh,

A. Núñez, R. Babuška, R. Dollevoet, Z. Li, B.D. Schutter, J. M. Andrić, J. Wang, R. Zhong, Q. Li, J. Zhang, Q. Sun, M. Ann, W. Lin, Oz Ma, T. Eskandari.

Як інструмент зовнішнього контролю безпеки, в роботах деяких вчених, таких як: А. Г. Дем'янченко, О. П. Коваль, І. М. Погорєлов, М. І. Погорєлов, С.В. Пилипенко, Е.С. Краснокутський, D. O. William, J.R. Cole-Baker, G.J. Bowyer та ін. запропоновано використовувати технічний аудит.

Проте необхідно звернути особливу увагу на те, що одними з основних принципів, які одночасно можна розглядати і як запоруку ефективності системи є централізований підхід до забезпечення безпеки, пріоритет безпеки руху перед експлуатаційними показниками та перед економічною доцільністю.

У зв'язку з демонополізацією та лібералізацією ринку залізничних перевезень, у результаті проведеної реструктуризації АТ «Українська залізниця», яке мало централізований підхід у забезпечені безпеки руху, підтримання цього підходу з боку незалежних операторів є досить сумнівним. Крім цього, кожен господарюючий суб'єкт, передусім, дбає про економічний ефект діяльності, тобто при прийняті управлінських рішень в першу чергу розглядаються сценарії отримання прибутку. Як відомо, обсяги прибутку напряму залежать від показників експлуатаційної роботи та фінансових витрат. Вихід на ринок залізничних перевезень потребує значних вкладень матеріальних ресурсів, тому результатом діяльності кожного приватного оператора, прямо чи опосередковано, буде отримання найшвидшого та найбільшого прибутку. Таким чином, наступна принципова основа існуючої системи забезпечення безпеки руху, а саме: її пріоритет перед експлуатаційними показниками, так само, підлягає сумнівам. Зважаючи на встановлення жорсткого контролю за тарифами, цією складовою збільшення прибутку приватні оператори навряд зможуть скористатися.

Поряд зі збільшенням експлуатаційних показників в підвищенні ефективності діяльності та збільшені прибутку, ключова роль належить мінімізації затрат. Як відомо, забезпечення та підвищення безпеки руху потребує досить значних фінансових ресурсів, а отже може дещо ігноруватися з боку приватних операторів на ринку. Загалом, це припущення ставить під загрозу останній з перелічених принципів, а саме: пріоритет безпеки руху перед економічною доцільністю.

Маючи досвід країн-членів ЄС, на кожному етапі реформування та імплементації вимог законодавства ЄС, розглядається побудова нової системи безпеки руху на залізничному транспорті, проте зважаючи на вищенаведені обставини, особливої актуальності набуває питання розробки та застосування механізмів зовнішнього контролю. В якості одного з інструментів зовнішнього контролю, що включає інтереси держави, АТ «Українська залізниця», приватних учасників ринку залізничних перевезень та потенційних інвесторів може бути застосований технічний аудит, який вже набув широкого застосування в інших секторах економіки. Особливості та ефективність застосування технічного аудиту в інших секторах економіки вказують на доцільність його застосування і на залізничному транспорті, проте, відсутність законодавчого регулювання діяльності при проведенні технічного аудиту, конкретно визначеної процедури і методів вимагають вирішення певного кола завдань. У зв’язку з вищенаведеним, тема дисертаційної роботи є актуальною.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, що визначені Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р), Стратегією АТ «Українська залізниця» на 2019-2023 роки, а також пов’язана з науково-дослідними роботами, що виконуються Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати становлення та стан сучасних наукових досліджень безпеки руху, методів її оцінки, дослідити передумови формування методів та потенційні інструменти зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті;

- дослідити показники безпеки руху, обрати методи дослідження та розробити методику проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю;

- теоретично дослідити методи зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті;

- виконати експериментальні дослідження практичного застосування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті.

Об’єктом дослідження є зовнішній контроль безпеки руху на залізничному транспорті.

Предмет дослідження – методи зовнішнього контролю на залізничному транспорті.

Методи дослідження. Для формування методів зовнішнього контролю і оцінки стану безпеки руху на залізничному транспорті використовувалися методи аналізу і синтезу, причинно-наслідкові зв’язки, теорія ймовірностей, математична та байєсова статистика. Для побудови математичних моделей були використані показники ризику, теорії інформації, ймовірностей, надійності технічних систем і метод аналогій.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому:

- вперше розроблено математичну модель оцінки ризиків за апріорними, апостеріорними значеннями та інтегральною оцінкою, що призначена для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті під час технічного аудиту, на основі якої може бути надана

комплексна характеристика безпеки руху, встановлення можливих загроз та прогнозування ризиків;

- вперше отримано математичну модель для визначення та прогнозування потенційного (критичного) поля небезпеки при зовнішньому контролі безпеки руху на залізничному транспорті, яка дозволяє визначити заходи або невідкладні дії щодо усунення можливих загрозливих ситуацій у транспортних процесах;

- удосконалено експлуатаційну модель управління ризиками, яка включає показники інвестицій та експлуатаційних витрат, що, на відміну від існуючої, враховує продуктивність праці, яка дозволяє більш точно здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху на залізничному транспорті та здійснювати управління ризиками при зовнішньому контролі;

- набула подальшого розвитку система ризиків, що, на відміну від існуючої, включає інформацію про технічні відмови та порушення технології транспортного процесу з визначенням загального, інтегрального, локального, спеціального і точкового ризиків, що дозволяє при зовнішньому контролі більш точно характеризувати поточний та прогнозований стан безпеки руху на залізничному транспорті.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблена методика та моделі можуть бути використані в якості методів зовнішнього контролю під час проведення технічного аудиту, а також для вирішення задачі оцінки, прогнозування та підвищення безпеки руху на залізничному транспорті.

Алгоритм виконання розрахунків і побудови графічних залежностей в процесі проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю реалізовано у вигляді програмного додатку з використанням середовища Microsoft Excel, що спрощує процес роботи аудитора і зменшує трудомісткість робіт.

Отримані результати роботи використовуються:

- у виробничому підрозділі «Знам'янська дирекція залізничних перевезень» Регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця», для якого надано рекомендації щодо оцінки стану безпеки руху та її прогнозування (акт впровадження від 28.05.2020 р.);

- у виробничому підрозділі служби вагонного господарства «Експлуатаційне вагонне депо Знам'янка» регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця», для якого надано рекомендації по підвищенню безпеки руху поїздів (акт впровадження від 02.06.2020 р.).

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатку.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, розробки та результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно.

Дисертантом одноосібно здійснено пошук, аналіз та опрацювання літературних джерел, оформлення табличних та графічних даних, а також текстів усіх статей. Мету та постановку завдання, обговорення та аналіз результатів досліджень здійснено разом із науковим керівником.

Статті [8, 63] опубліковані одноосібно.

Особистий внесок дисертанта до основних робіт, опублікованих у співавторстві [7, 29, 110, 114], полягає в такому.

У працях [7, 29, 110, 114] здобувач брав безпосередню участь у пошуку, аналізі та опрацюванні літературних джерел, власноруч проводив оцінку безпеки руху на залізничному транспорті, узагальнював отримані дані, оформляв табличні та графічні дані, а також брав безпосередню участь у формулюванні проблеми, обговоренні отриманих результатів та оформленні статей. У працях [7, 29, 110, 114] здобувач самостійно розробляв методику проведення технічного аудиту транспортного процесу на залізницях, розробляв математичні моделі для оцінки безпеки руху, виконував розрахунки та перевіряв адекватність отриманих моделей.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на: 78-й, 79-й та 80-й

міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, ДНУЗТ, 2018, 2019, 2020 рр.); міжнародній науково-практичній конференції «Енергооптимальні технології перевізного процесу» (Львів, 22.05-26.05.2017 р.).

У повному обсязі дисертація доповідалася та була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (26.06.2020 р.).

Публікації. Результати дисертаційного дослідження опубліковані у 12 наукових працях, з яких: 4 наукові статті у фахових виданнях, 2 – у періодичних наукових виданнях інших держав, які входить до Європейського Союзу, 2 наукові статті – у журналах оглядового характеру, 4 публікації апробаційного характеру – тези доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи складає 220 сторінок, з яких основного тексту – 136 сторінок, які містять 39 рисунків на 10 сторінках та 20 таблиць на 9 сторінках; список використаних джерел містить 188 найменувань і займає 24 сторінки; 6 додатків викладено на 41 сторінці.

РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ПЕРЕДУМОВ ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ

1.1 Історія становлення безпеки руху на залізничному транспорті

Історія розвитку залізниць України починає свій відлік з 1834 р., після випробування першого паровоза. А вже з 1837 р. розпочато перші спроби забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті, які полягали у наявності дзвіночків на парових екіпажах [45].

Перші заходи щодо забезпечення безпеки залізниць зводилися до впорядкування руху поїздів і розробки системи сигналізації. Впорядкування руху поїздів полягало в організації їх руху за розкладом та розглядалося в межах залізничної ділянки [100]. В подальшому впорядкування переросло в зародження теорії графіка руху, оскільки Ф.А. Голіцинського, В.І. Щегловітовим і іншими російськими дослідниками і інженерами були висунуті пропозиції, які сприяли утвердженню ролі графіка не тільки як основи організації чіткого і безпечного руху поїздів, а й як документа, що дозволяє правильно розподіляти технічні засоби залізниць. У наступні роки зі збільшенням протяжності залізниць і зростанням перевезень графік набував все більшого значення і став одним з найважливіших об'єктів наукових досліджень [65, 188]. У 1929 р професор П.Я. Гордієнко порівняв різні типи паралельного графіка за економічними показниками та розробив інструкцію по збільшенню пропускної спроможності за рахунок застосування різних типів графіка. Ця праця стала одним з перших економічних досліджень графіка руху та фактично переключила його теоретичний інтерес з безпеки руху в площину підвищення експлуатаційних показників.

Історія розвитку сигналізації як початкового етапу формування безпеки руху поїздів надає особливого значення Німеччині, де на залізниці Лейпциг-Дрезден в 1838 р було видано перше друковане положення про сигнали.

Перше Положення про сигнали було видано у 1852 на залізниці Санкт-Петербург-Москва. Згідно з цим же Положенням на Санкт-Петербургсько-Московській залізниці передбачалися: сигнали машиніста; сигнали обер-кондуктора; сигнали кондукторів; сигнали дорожньої варти. Також вводилися стрілочні сигнали. Але ця практика сигналізації на залізницях в дореволюційний час не змогла стати єдиною по всій країні. Кожна залізниця вживала сигнали, передбачені місцевими положеннями. В цілому перша сигналізація була дуже примітивна і заплутана.

З будівництвом Транссибірської магістралі, найдовшою в світі на сьогоднішній день, бурхливий розвиток отримують східні райони Російської імперії. Одночасно з інженерними та економічними проблемами ще на етапі будівництва потрібно було вирішити проблеми безпеки [182].

Умовно заходи щодо забезпечення безпеки можна розділити на кілька напрямків: надійність рухомого складу, його техніко-експлуатаційні властивості; охорона стратегічних об'єктів і будівель (переїзди, мости, вокзали і т. д.); підготовка і забезпеченість професійними кадрами, культура безпеки.

На початку XX століття рішення проблем безпеки залізничного транспорту здійснювалося Міністерством шляхів сполучення і Управлінням доріг в двох напрямах: удосконалення технічно-експлуатаційних властивостей рухомого складу і посилення контролю над пасажирами.

В процесі становлення та розвитку теорії безпеки на залізничному транспорті змінювалася та удосконалювалася класифікація транспортних подій та порядок їх розслідування .

Загалом, залізничний транспорт СРСР був одним з найбезпечніших в світі: за кількістю загиблих на 1 млн. пасажирів радянські залізниці в кінці

1980-х рр. поступалися лише японським, а за кількістю загиблих на 1 млрд. пасажиро-кілометрів перебували на першому місці.

На радянських залізницях була побудована централізована система адміністративного управління якістю і безпекою продукції, робіт і послуг з використанням суворої нормативної бази.

Можна виділити наступні основні принципи забезпечення безпеки руху на залізницях СРСР:

- цілі і завдання в галузі забезпечення безпеки руху визначалися державою. При цьому безпеку руху була підтверджена документально виконанням всіх передбачених нормативами вимог з безпеки;

- пріоритет безпеки руху перед експлуатаційними показниками руху;

- абсолютна безпека руху – недопущення порушень;

- єдність нормативної бази і технічної політики;

- відділення контролю за безпекою руху від технологій роботи залізниць;

- неузгодженість вимог з безпеки руху з економічною доцільністю;

- пріоритет жорстких заходів перед мотивацією персоналу (адміністративно-командний спосіб управління, при якому основним принципом забезпечення безпеки є використання пошукового механізму і покарання винних).

Таким чином, система забезпечення безпеки руху на мережі залізниць СРСР являла собою жорстко централізовану адміністративну систему, побудовану на принципах багаторазового контролю, особистої відповідальності за безпеку і цілеспрямованого розподілу ресурсів. Багато з цих принципів продовжують діяти і сьогодні на залізничному транспорті України та інших країн пострадянського простору.

1.2 Аналіз сучасних наукових досліджень безпеки руху на залізничному транспорті та методів і підходів до оцінки її стану

Сьогодні, безпека руху на залізничному транспорті у всьому світі знаходиться на першому місці при організації перевезень.

Нормами діючого в галузі залізничного транспорту законодавства безпека руху визначається як комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безаварійної роботи та утримання в постійній справності залізничних споруд, колій, рухомого складу, обладнання, механізмів і пристроїв [127].

Незважаючи на те, що після здобуття незалежності Україна, як одна з небагатьох країн колишнього Радянського Союзу, отримала у спадок добре розвинену залізничну інфраструктуру та відносно непогане матеріально-технічне оснащення залізниць, питання пов'язані з безпекою руху були актуальним як серед практиків, так і серед науковців.

Безпеці руху на залізничному транспорті присвячена значна кількість праць як за кордоном, так і в Україні [18-20, 48, 72, 102, 160-162, 165, 166, 164, 181]. Серед науковців, які вивчали та вирішували проблеми безпеки руху на залізничному транспорті, формуючи тим самим теорію безпеки руху, найвизначніший вклад належить Самсонкіну В.М. [160-162], Лісенкову В.М. [102, 103].

На ряду з теорією безпеки руху розвивалися методи та підходи до оцінки стану безпеки. Аналіз праць українських науковців свідчить про характерну для них певну предметну спрямованість [4, 57, 58, 62, 67, 69-71, 101, 104, 181, 164].

Так, роботи [69-71, 101, 104, 181, 164] присвячені методам оцінки безпеки руху локомотивів у зоні залізничних переїздів. Для оцінки застосовуються методи коефіцієнтів аварійності і коефіцієнтів небезпеки. Метод коефіцієнтів аварійності передбачає зіставлення рівнів безпеки руху на залізничних переїздах та інших прилеглих до них ділянках автомобільних

доріг для встановлення пріоритетів при їх реконструкції або інженерного устаткування. Метод коефіцієнтів небезпеки полягає в проведені детальної оцінки показників відносної аварійності на залізничних переїздах для встановлення черговості закриття, перебудови та інженерного устаткування переїздів, а також будівництва замість них перетинів у різних рівнях [164].

В роботах [60, 61, 105, 120, 163] автори оцінюють вплив людського чинника на стан безпеки руху. Ряд наукових праць [94, 99, 159] присвячений удосконаленню оцінки безпеки руху на автомобільному транспорті, в яких запропоновані методи аналізу статистичних даних методами теорії ймовірностей; використання даних багатофакторного кореляційного аналізу; аналіз епюри швидкостей руху (методи коефіцієнтів безпеки і «шуму прискорення»); аналіз за допомогою коефіцієнтів відносного впливу окремих елементів дороги (метод коефіцієнтів аварійності); метод конфліктних ситуацій, які можуть бути адаптованими і до залізничного транспорту.

З огляду на обраний Україною курс до євроінтеграції та враховуючи реформаційні зміни, які зараз відбуваються у галузі залізничного транспорту виникає необхідність впровадження нових підходів у забезпеченні безпеки руху, а отже і нового визначення даного терміну.

Відповідно до законопроекту [128], поданого на розгляд Верховної Ради, безпека руху на залізничному транспорті – стан захищеності процесу руху залізничного рухомого складу, самого залізничного рухомого складу та об’єктів інфраструктури під час їх експлуатації, при якому ризик виникнення залізничних транспортних подій та їх наслідків не перевищує гранично допустимого рівня, що може призвести до шкоди життю або здоров’ю громадян, шкоди навколишньому природному середовищу, майну фізичних чи юридичних осіб.

В наступному законопроекті [129] безпека руху на залізничному транспорті розглядається як стан захищеності інтересів фізичних та юридичних осіб, при якому зменшується ризик виникнення залізничних транспортних подій, попереджається чи нейтралізується завдання шкоди

життю, здоров'ю та майну фізичних та юридичних осіб, навколишньому природному середовищу внаслідок таких подій.

Незважаючи на те, що визначення кардинально різняться принципово новою позицією є наявність поняття «ризик» та його гранично допустимий рівень, що вимагає суттєвих змін в методиці оцінки стану безпеки в цій галузі.

У дисертаційному досліджені [167] автором запропонована шкала станів безпеки, що враховує як знижений, так і підвищений рівні надійності. З метою підвищення безпеки шляхом організації роботи над ризиками автор вважає доцільним створення спеціального каталогу несправностей і наслідків. Такий каталог дасть можливість визначати природу браку та провести оцінку ступеня вихідного ризику або імовірність відмов. Крім цього, у цій же роботі, автором розроблено узагальнений алгоритм ідентифікації стану безпеки залізничного транспорту як системи, у якому враховуються всі три складові взаємозв'язку «людина – транспортний засіб – середовище».

При оцінці загроз економічної безпеки [31, 52, 53, 87], соціально-економічної безпеки [14, 74], та ін. прийнято застосовувати інтегральну оцінку, в якій застосовується декілька економічних чи фінансових показників. Оцінку безпеки руху за інтегральним показником не проводять, напевно, через складність отримання додаткових даних, які пов'язані з фінансовими витратами на залізницях. Але, слід зазначити про те, що обмежуватися тільки фінансовими чи економічними показниками не має сенсу, оскільки показники безпеки руху вміщують багато інших, наприклад, кількість перевірок, що здійсненні ревізорами, чи встановлена кількість порушень при цих перевірках.

Для кожної країни є характерним застосування окремого підходу до оцінки безпеки руху поїздів на внутрішніх залізницях. Проте майже у всьому світі притримуються думки, що безпеку руху на залізницях і на інших видах

транспорту можна трактувати через ризики, які можуть бути технічними, управлінськими тощо.

Розглянемо більш детально існуючу світову практику оцінки безпеки руху на залізницях з використанням ризиків.

Так, автори роботи [10, 21, 49, 157, 158] наполягаючи на необхідності оцінки та контролю стану безпеки з метою виявлення ризиків, розглядають принципи забезпечення безпеки, серед яких:

- принцип ALARP, суть якого полягає у тому, що ризик повинен бути максимально низьким. Даний принцип не передбачає повного усунення ризику, достатньо обробити ризик до допустимого рівня;

- принцип мінімальної ендогенної смертності МЕМ. Цей принцип більшою мірою стосується впровадження нововведень, оскільки його суть полягає у тому, що ризик пов’язаний з новою системою, не може перевищувати рівня мінімальної ендогенної смертності для індивідуума;

- принцип GAMAB передбачає неможливість зміни ступеня ризику у зв’язку зі зміною існуючої системи новою. Іншими словами, за цим принципом незважаючи на будь які переваги нова система не може бути впроваджена якщо рівень ризику перевищує рівень ризику існуючої.

В умовах застосування розглянутих принципів методи оцінки ризику обираються індивідуально та інтегруються до необхідної ситуації.

Перелік методів оцінювання ризику, рекомендації щодо особливостей їх вибору та практичного застосування містить Національний стандарт України «Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику» [91].

Зважаючи на поділ процесу загального оцінювання ризику на етапи, які приведено на рис. 1.1.

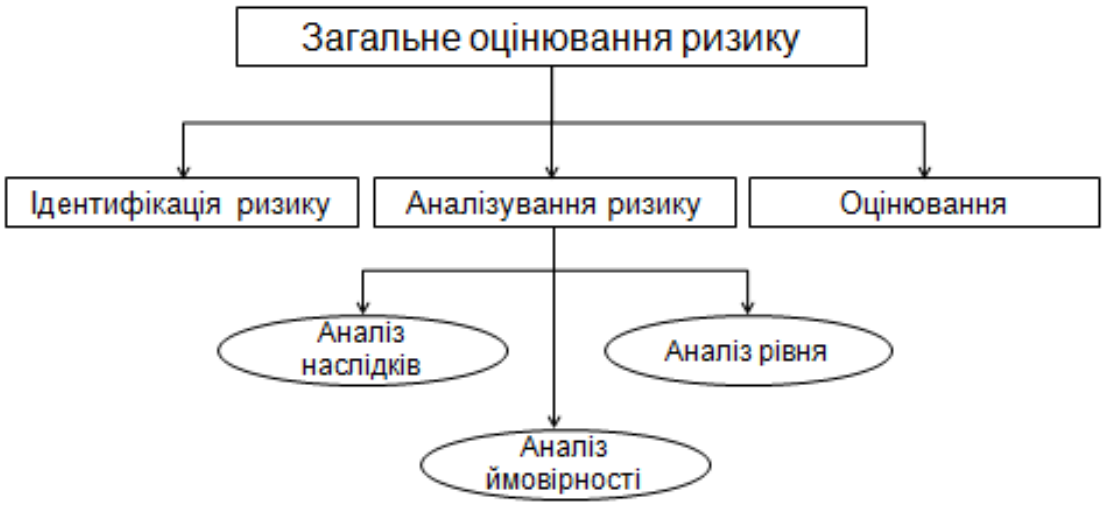


Рис. 1.1 Етапи процесу загального оцінювання ризику

З рис. 1.1 бачимо, що процес загального оцінювання ризику включає:

- етап ідентифікування – процес виявлення, усвідомлення та реєстрування ризиків;

- етап аналізування – процес визначення наслідків, ймовірностей та рівня ідентифікованих ризиків;

- етап оцінювання – встановлення значення рівня й типу ризику.

Методи, передбачені [91], можна класифікувати за критерієм універсальності або можливості застосування для реалізації окремого етапу. Результати класифікації приведено на рис. 1.2.

В галузі залізничного транспорту, як правило застосовуються методи, що дозволяють отримати кількісні показники на виході, серед яких:

- аналіз дерева відмов;

- аналіз причин та наслідків;

- аналіз дерева подій;

- аналіз видів і наслідків відмов;

- аналіз рівнів захисту (LOPA);

- загальне оцінювання надійності людини (HRA);

- Марківський аналіз;

- моделювання методом Монте-Карло;

- Байєсівський аналіз та ін.

Аналіз переваг та недоліків зазначених методів приведено в табл. 1.1.

Рис. 1.2 Класифікація методів загального оцінювання ризику

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки методів оцінювання ризику

	Метод	Переваги	Недоліки
1	Аналізування видів і наслідків відмов	- належне розуміння критичних процесів та ресурсів; - можливість переоцінки операційних процесів організації.	- брак знань у осіб, які беруть участь в анкетуванні, опитувані або робочих засіданнях; - формування спрощених чи надмірно оптимістичних очікувань.
2	Аналізування дерева відмов	- можливість аналізу різноманітних чинників; - зосередження уваги на безпосередньо пов’язаних з небажаною подією наслідках відмови; - легке розуміння поводження системи шляхом аналізу графічного зображення.	- статична модель, тому часові взаємозалежності не розглядають; - можливість застосування тільки стосовно двійкових станів (несправність/справність); - не можливість оцінки відмов, спричинених помилкою людини.
3	Аналізування дерева подій	- можливість чіткого схематичного відображання аналізованих потенційних	- необхідність застосування іншого методу для ідентифікації всіх потенційних подій;

	Метод	Переваги	Недоліки
		сценаріїв; - дає змогу відображати у графічному вигляді послідовності подій, які неможливо відобразити за використання дерев відмов.	- деякі залежності може бути не помічено через неуважність, що може спричинити оптимістичні оцінки ризику.
4	Аналізування причин і наслідків	- метод має аналогічні переваги характерні для методу «дерева подій» та «дерева відмов».	- підвищена складність у порівнянні з методами «дерева подій» та «дерева відмов».
5	Аналізування рівнів захисту (LOPA)	- використання значно меншого обсягу часу та ресурсів, ніж аналізування дерева відмов; - сприяння ідентифікації найкритичніших рівнів захисту та зосередженню ресурсів на них; - зосередженість уваги на найважчих наслідках.	- зосередженість уваги одночасно на одній парі причина-наслідок і одному сценарії; - кількісні ризики можуть не враховувати відмови загального характеру; - не можливість застосування до дуже складних сценаріїв.
6	Загальне оцінювання надійності людини	- можливість урахування помилок людини під час розглядання ризиків; - можливість аналізу видів помилок людини та їх закономірностей.	- складність особистості та різноманітність людей, що утруднює визначання простих видів відмов і їх імовірностей; - неможливість однозначного поділу (успіх/невдача) для багатьох видів діяльності.
7	Марковське аналізування	- можливість обчислювати ймовірності стосовно ремонтопридатних систем з кількома погіршеними станами.	- потребує знання операцій над матрицями; - ускладнює обмін інформацією про результати з нетехнічним персоналом.
8	Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло	- відносно проста розробка моделі; - можливість розширення моделі; - можливість зображення всіх впливів чи зв'язків, що виникають у реальності; - моделі легкі для розуміння, оскільки зв’язок між вхідними та вихідними даними є прозорим; - програмне забезпечення доступне і відносно недороге.	- точність рішень залежить від кількості імітаційних моделювань; - великорозмірні та складні моделі можуть завдавати труднощів виконавцю та унеможливлювати участь у процесі зацікавлених сторін; - метод може неадекватно розрізняти важливі наслідки та малоймовірні події і, тому, не давати змоги відображати в аналізі готовність організації до ризику.
9	Байєсова статистика і мережі Байєса	- необхідність застосування тільки апріорних даних; - результати легкі для розуміння; - метод є способом застосування суб’єктивних уявлень щодо розгляданої проблеми.	- складність визначення всіх взаємодій у мережах Байєса для складних систем; - потребує знання множини умовних імовірностей, що їх зазвичай визначають на підставі експертних висновків.

Російськими вченими величина ризику визначається як [51, 60, 83, 86, 96, 186, 187]:

$$R = A \times p, \tag{1.1}$$

де A – наслідок небажаної події;

p – ймовірність настання небажаної події.

Слід відмітити, що вчені [51, 60, 83, 86, 96, 186, 187] зазначають, що ризики можуть бути явно пов'язані з факторами, що не піддаються обліку.

У роботах [84, 85] для множини можливих небажаних подій отримано середню (очікувану) величину збитку при прийнятті варіантів вирішення:

$$R_i = \sum_j A_{ij} p_j(k_{ij}), \tag{1.2}$$

де A_{ij} – кількісно описаний наслідок настання небажаної події;

$p_j(k_{ij})$ – ймовірність настання небажаної події.

У результаті виконують економічну оцінку настання небажаної події з наступною побудовою матриці ризиків для порівняння, оцінки та управління ризиками. Після побудови матриці ризиків визначають вагові коефіцієнти φ_{ij}. А потім визначають математичне сподівання за виразом:

$$\delta_i = \sum_j P_j \varphi_{ij}, \tag{1.3}$$

де P_j – ймовірності виникнення кожної j-ой ситуації, що отримані в результаті обробки відповідних статистичних спостережень.

Причому для цього випадку буде відповідати мінімальне математичне сподівання ризику:

$$r_i = \sum_j P_j r_{ij} \to min. \quad (1.4)$$

Також використовуються критерії:

- найбільшого гарантованого ефекту:

$$R_V = max_i \, min_j r_{ij}; \quad (1.5)$$

- найменшого можливого ризику:

$$R_S = min_i max_j \, r_{ij}; \quad (1.6)$$

- Гурвіца (при змішаній стратегії):

$$R_G = max_i \left[\alpha \, min_j \; r_{ij} + \; (1-\alpha) max_j r_{ij}\right]. \quad (1.7)$$

Останній критерій (стратегія) передбачає поєднання песимізму (обережності) і оптимізму (схильності до значного ризику), в безумовно заданій пропорції. Останні принципи викликають інтерес та можуть бути використані в даній дисертаційній роботі.

Цей показник представляє собою середньозважений відносний статистичний показник кількості особливих подій. Для визначення даного показника всі події мають бути згруповані на трьох рівнях в залежності від значущості наслідків: I – катастрофи, аварії, транспортні події; II – події; III – відмови технічних засобів. Комплексний показник безпеки руху розраховується для кожної групи процесів, кожного господарства, дирекції та доріг.

У роботі [6] наведені параметри надійності для систем, пов'язаних з безпекою, які введені стандартом IEC 61508. Ці параметри використовуються

для класифікації апаратних ризиків систем. При цьому пов'язані параметри включають:

- частоту відмов λ, яка поділяється на безпечні (S) і небезпечні (D). Як показано в рівнянні (1.8) і (1.9), небезпечні ризики можуть бути розділені на два типи: виявлені небезпечні ризики (DD) і невиявлені небезпечні ризики (DU):

$$\lambda = \lambda_d + \lambda_s, \tag{1.8}$$

$$\lambda_d = \lambda_{du} + \lambda_{dd}, \tag{1.9}$$

- коефіцієнт безпечної відмови: співвідношення між λ_d і λ_s, наведене в рівнянні:

$$S = 100\left(\frac{\lambda_d}{\lambda}\right), \tag{1.10}$$

- частина безпечних відмов (SFF), яка розраховується за формулою:

$$SFF = \frac{\sum \lambda_s + \sum \lambda_{dd}}{\sum \lambda_s + \sum \lambda_d}, \tag{1.11}$$

- ймовірність ризику збою (PFD): значення, яке вказує на ймовірність того, що система не відповість на запит. Зазвичай середня ймовірність відмови обчислюється в SRS [39]. Значення PFD_{avg} визначається за виразом:

$$PFD_{avg} = \frac{1}{\mathrm{T}}\int_0^{\mathrm{T}} P(t)dt\ , \tag{1.12}$$

- відмовостійкість апаратного забезпечення (HFT) [25], яка розраховується за формулою:

$$HFT_{sys} \min_{i=1} HFT_i. \tag{1.13}$$

У роботі [46] запропоновано модель для обчислення середніх значень та середніх квадратних помилок часової послідовності:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n}; \qquad \delta_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^{n} (v_i - \bar{v})^2}{n}}, \tag{1.14}$$

де $\bar{v}$ – величина, що представляє зміну ризику;

δ_v – параметр зміни величини ризику.

У роботі [26] введено множинну модель для оцінки безпеки руху, для якої виконується розрахунок середньої кількості транспортних подій різної категорії за формулою:

$$N(\overline{Bi}) = \frac{N\left(b_{min}^{(i)}\right) + N(b_{max}^{(i)})}{2}, \quad N(\overline{Gi}) = \frac{N\left(g_{min}^{(i)}\right) + N(g_{max}^{(i)})}{2}, \tag{1.15}$$

з визначенням рангів:

$$r_{B(i)} = \frac{1}{N\left(B^{(i)}\right)}, \qquad r_{G(i)} = \frac{1}{N\left(G^{(i)}\right)}, \tag{1.16}$$

для визначення їх послідовності та ваги:

$$Ar(A) = r_{G(n)} * max\left(r_{B(1)}, r_{B(2)}, \dots, r_{B(n)}\right). \tag{1.17}$$

У роботі [42] визначаються факторі впливу на ризики за допомогою вагових коефіцієнтів, а в результаті розраховується ризики відповідних факторі за формулою:

$$SC_{Ct} = \sqrt{P_{Ct} \times I_{Ct}}, \tag{1.18}$$

У [28] ризик визначено як ймовірність небажаної події та наслідків реалізацію відповідної події:

$$R = P * I, \tag{1.19}$$

де P – ймовірність реалізації небажаної події;

I – вплив реалізації подій.

На словацькій залізниці розробляються моделі оцінки ризиків із зазначенням їх застосовності до безпеки руху, що показано в [21]. Моделі оцінки ризику засновані на сценаріях аварій і включають покращений рівень моделювання людського фактору і використання більш складних методів статистичного аналізу. При цьому різні небезпечні події або рівень безпеки руху характеризуються на підставі статистичних звітів з проведенням засідань і залученням експертів з безпеки руху залізниць. У роботі розроблені моделі для оцінки ризику, які побудовані на основі сценаріїв аварій на залізниці в якості загального підходу до аналізу ризиків та оцінки ризиків в залізничному секторі. Дані моделі призначені для управління безпекою руху залізничної системи і призначені для кількісної оцінки ризиків. На підставі розроблених моделей можна виявити райони експлуатації залізниць, які потребують подальшого контролю ризику з проведенням аналізу до його чутливості при введенні нових заходів контролю та проведення аналізу витрат і вигоди пропонованих змін. Слід відмітити, що комплексної характеристики безпеки руху через ризики так і не надано.

Питання застосування комплексного підходу в оцінці рівня безпеки руху в ВАТ «РЖД» вирішено шляхом розробки та впровадження «Методики оцінки показників процесів, які впливають на безпеку руху, на основі оцінки ризиків» [107].

При оцінці безпеки руху дана методика пропонує до застосування три види показників: абсолютні, відносні та комплексний, які в свою чергу розподіляються на підгрупи.

Так, серед абсолютних показників виділяються:

- загальні – загальна кількість катастроф, аварій, транспортних подій і відмов технічного обладнання протягом аналізованого періоду;

- окремі – кількість катастроф, аварій, транспортних подій і відмов технічного обладнання за одним або кількома показниками.

Відносні показники – це цифрові узагальнюючі показники, які результатом співставлення двох статистичних величин, абсолютного показника і базисного показника. При цьому, в якості базисного показника може бути використана загальна кількість поїздо-кілометрів, вагоно-кілометрів, локомотиво-кілометрів, тощо.

Необхідно зазначити, що можна провести аналогію між розглянутими двома показниками та показниками, які застосовуються в АТ «Українська залізниця». Проте, діюча в ОАО «РЖД» методика передбачає розрахунок комплексного показника безпеки руху.

На підставі сценаріїв аварій із залученням експерта, в роботі [15] також виконана оцінка безпеки руху, але з урахуванням людського фактору. Однак тут використовуються методи штучного інтелекту, призначені для моделювання, зберігання та оцінки знань про безпеку руху. При цьому програмні засоби призначені для полегшення роботи експертів і систематизації важливих статистичних даних. Аналогічні дані наведені в роботах [2, 12]. Щодо даних праць, слід відмітити, що людський фактор при залученні експертів для аналізу або для побудови інтелектуальних систем, чомусь не врахований.

На польських залізницях [43] методи управління ризиками пов'язуються з процесами системи технічного обслуговування елементів транспортної системи. При цьому стверджується, що фактичні процеси в системі технічного обслуговування транспортної системи залізниць описуються частиною методу управління ризиками, викладеного в Регламенті ЄС № 402/2013. У зв'язку з цим, авторами відзначено про необхідність подальших досліджень взаємозв'язку системи технічного обслуговування і методів управління ризиками, оскільки вони будуть сприяти більшій узгодженості транспортних систем і підвищення їх ефективності при реалізації цілей політики безпеки. У даних роботах не враховується інші стани життєвого циклу засобів транспорту.

Наведені дані у роботах [36-38] показують можливість введення значення показника п'ятипараметричної несправності W5, який залежить від допустимих відхилень, що, в свою чергу, залежать від швидкості потягів на відповідній ділянці залізничної лінії. Для кожної з вимірюваних змінних стану показник несправності W визначається за рівнянням:

$$W = \frac{n_p}{n}, \tag{1.21}$$

де n_p – кількість сигналів, що перевищують допустимі відхилення на аналізованій ділянці;

n – кількість сигналів аналізованої секції.

Наступне рівняння використовується для обчислення значення показника п'ятипараметричної несправності W5 [36-38]:

$$W5 = 1 - (1 - We)(1 - Wg)(1 - Ww)(1 - Wz)(1 - Wy), \tag{1.22}$$

де We – значення показника несправності колії;

Wg – значення показника несправності верхньої будови колії;

Ww – значення показника несправності кривої;

Wz – середнє арифметичне значення відхилення вертикальних нерівностей, виміряне для лівої та правої рейки;

Wy – середнє арифметичне значення відхилення горизонтальних нерівностей, виміряне для лівої та правої рейки.

Загалом, вище приведені моделі дають можливість частково виконати аналіз безпеки руху на залізниці, оскільки враховують окремі показники. Також зазначені вирази, що включають визначення вагових коефіцієнтів можуть бути застосовані при загальній оцінці безпеки руху. Крім того, беззаперечно, може, і буде застосовано ймовірнісний підхід для моделювання процесів безпеки руху на залізницях.

У [44] наведено ідентифікацію ризиків, які виникають в транспортній системі та на основі аналізу виявлених ризиків пропонуються заходи щодо оптимального функціонування транспортної системи. У даній роботі не враховано неможливість заміни засобу ланцюжка транспортної системи.

Існуючий метод кількісної оцінки ризиків в Нідерландах [16] для визначення безпеки руху при перевезенні орієнтований виключно на жертви зі смертельними наслідками. Однак у проекті EU PRISMA включена методика оцінки, яка поширюється на всі види впливів, включаючи фізичні, економічні, екологічні та соціальні. Використовуючи аналіз дерева подій для всіх цих впливів, виконується визначення широкого набору потенційних профілактичних заходів. Безпека руху регулюється співвідношенням витрат і вигоди від застосованих заходів для різних сценаріїв з точки зору всіх загроз і всіх впливів. Недоліком даної методики є відсутність можливості для прогнозування ризиків.

Оскільки моніторинг залізничної інфраструктури є життєво важливим завданням для забезпечення безпеки руху залізничних перевезень, у роботі [17] для оцінки ризику відмов рейок використовують ймовірність їх відмов на основі відеоспостережень. Оцінку ризику відмов наведено для завантаженої залізничної колії голландської залізничної мережі. Отримані

результати ілюструють практичність і ефективність запропонованого підходу, але не враховують вплив інших засобів транспорту і елементів інфраструктури залізниць.

У китайській стратегії розвитку [1] застосовуються 24 потенційні критичні ризики в залізничній сфері, які розділені на 6 груп. Одним з методів визначення безпеки є анкетування, спрямоване на збір даних про ймовірності виникнення ризику і його вплив; цей же метод використаний в роботі [33]. Інший метод для оцінки критичних ризиків в залізничній сфері, наведений в роботі [1], заснований на нечіткому аналізі чутливості, в якості критеріїв їх ідентифікації. Результати застосування даного методу підтверджують його ефективність, надійність і практичність при оцінці ризиків, оскільки він дозволяє оцінювати ризики на трьох різних рівнях: фактори ризику, категорії ризику і загальний ризик; лексична невизначеність і невизначеність через нестачу даних включені і враховані в процесі оцінки. Шанхайське залізничне бюро [22] впровадило метод управління ризиками, заснований на методі «Рисунок та чотири таблиці» (AFFTM), для оцінки якості проектування залізниць. В результаті значно поліпшено відстеження і попереднє попередження про стан ризику в режимі реального часу, автоматичну генерацію якісних показників ризику, ефективності та рівнів управління ризиками. Однак, даний підхід застосовується тільки при проектуванні залізниць.

Управління ризиками на залізницях Австрії з методологічною управлінською основою наведено в [30], де показано, що зниження ризиків при прийнятті рішень можливо на трьох рівнях, причому кожному рівню характерні багатогалузеві партнерства. При цьому оцінку ризику виконують з точки зору капітальних вкладень, що дає можливість управляти цими ризиками. Відзначається про вплив людського фактору при взаємодії між багатогалузевим партнерством, однак останні розглядаються як найважливіший елемент управління ризиками. Недоліком даної системи оцінки є її громіздкість.

В рамках процесів прийняття рішень і прогнозування періодичних вимог до технічного обслуговування засобів транспорту при експлуатації залізниць Великобританії [41] прийнято, що вплив на безпеку руху можливий за допомогою концепції управління ризиками та управління активами. У роботі критично розглядаються поточні практики управління ризиками в залізничній галузі для визначення відповідних моделей управління ризиками і пропонуються рекомендації щодо їх подальшого вдосконалення і включенню в управління активами. Крім Великобританії, в Європі застосування концепції управління ризиками в залізничному секторі також є порівняно недавнє. Зокрема, Директива 2004/49 / ЄС (Директива з безпеки на залізницях) передбачає обов'язкову оцінку ризиків, пов'язаних з діяльністю керуючих підприємств на залізницях. Але практичного застосування в роботі не приведено.

Для зниження ризиків у [35] запропонована методика аналізу дерева тимчасових помилок, за допомогою якого можуть бути визначені несправності засобів транспорту і час, необхідний на усунення несправностей та виконання технічного обслуговування для запобігання аварій. У даній роботі не враховано вплив людського фактору тощо.

У роботі [50] проаналізовані вимоги до забезпечення безпеки руху на залізничному пасажирському транспорті на підставі теорії управління ризиками та моделі циклу PDCA. При цьому, для якісної і кількісної оцінок ризиків, запропоновано створити групу з управління безпекою. Побудована система управління ризиками безпеки залізничного пасажирського транспорту реалізує функції управління ризиками, оцінки ефективності та управління даними. Недоліком побудованої системи є те, що рішення приймають люди, а це, відповідно, вплив людського фактору.

Структура управління ризиками запропонована у роботі [3], яка служить для усунення причин аварій, що включає ідентифікацію небезпеки, аналіз ризику, оцінку, обробку та контроль. Недоліком даної системи є довга тривалість прийняття рішень.

У [24] розглядаються системи електропостачання залізниці як критичні для безпеки транспортної системи та обґрунтовується дана пропозиція при використанні аналізу ризиків, на підставі стандарту IEC 61508. Моделювання системи безпеки засноване на ланцюгах Маркова. У результаті порівняння отриманих результатів з спрощеним деревом відмов отримана значимість точних розрахунків. Недоліком даної позиції є неврахування інших систем інфраструктури залізниць.

Виконаний аналіз ризиків у [23] привів до рішення по використанню стохастичних, а не детермінованих способів під час оцінки безпеки руху, тим не менш, ґрунтуючись на економічних показниках втрат. У роботі показані можливості переходу до залізничної системи методів аналізу ризиків, які використовуються в даний час для інших транспортних і технологічних систем. Але, в роботі не приведена реалізація такого переходу.

У роботі [13] представлені методи оцінки ризиків і можливості їх зниження при проектуванні, експлуатації та технічному обслуговуванні засобів транспорту залізниць. Особливу увагу приділено конструкцій вантажних вагонів і їх вплив на безпеку руху. Недоліком даної роботи є неврахування інших систем і засобів інфраструктури залізниць.

Безпека руху поїздів у [40] характеризується кількісною оцінкою людських помилок з вибором байєсової мережі для вивчення наслідків виявлених помилок. Байєсова мережа використовується для моделювання небезпечних подій, ризиків і кількісного аналізу безпеки руху поїздів. Однак технічний стан інфраструктури залізниці та його вплив на безпеку руху не враховується.

На українських залізницях [29, 114] для оцінки стану безпеки руху поїздів застосовують абсолютні та питомі показники. В якості абсолютних показників використовують статистичні дані, такі як: кількість транспортних подій та кількість постраждалих осіб, що загинули або були травмовані, а в якості питомих – похідні від статистичних даних.

1.3 Зміни, що відбулися на залізничному транспорті в процесі євроінтеграції та їх вплив на безпеку руху

До початку 1990-х рр. розвиток єдиної залізничної мережі Європи залежав від рішення наступних проблем в області експлуатаційної сумісності та безпеки при організації міжнародних перевезень [24]:

- в експлуатації знаходилося більше 20-ти різних і несумісних між собою систем управління рухом поїздів;

- в кожній країні діяли свої правила експлуатації залізниць, деякі з них навіть суперечили один одному;

- в кожній країні діяли свої національні вимоги щодо сертифікації безпеки;

- в кожній країні використовувалися свої системи підготовки та ліцензування машиністів;

- застосовувалися п'ять різних систем тягового електропостачання;

- використовувалися вісім різних і несумісних між собою систем зв'язку і радіозв'язку;

- свою мову майже в кожній країні.

Зазначені проблеми і їх наслідки (простої на кордонах, значні витрати і, як наслідок, високі тарифи) різко знижували конкурентоспроможність і привабливість залізничного транспорту в порівнянні з автомобільним для перевезень пасажирів і вантажів в міжнародному повідомленні.

Виходом з ситуації, що склалася стало створення єдиної європейської системи, що забезпечує експлуатаційну сумісність і безпеку руху на залізничному транспорті в міжнародному сполученні, яке було обумовлено узгодженням Міссій, Целей і Політік національних залізничних адміністрацій в галузі забезпечення безпеки. На цій основі вдалося сформувати ключові елементи нової системи: органи проектування безпеки; регулюючі та консультативні органи; нормативну базу безпеки; системно-технічні рішення [154].

При цьому в кожній державі Європейського Союзу (ЄС) існують свої національні органи з регулювання безпеки на залізничному транспорті. Основним нормативним документом – документом «верхнього рівня», який регламентує питання забезпечення безпеки руху на залізницях держав-учасниць ЄС, є Директива Європейського парламенту та Ради ЄС 2004/49/ЕС «Про безпеку залізниць Співтовариства» [125].

Фактично побудована за часів СРСР система управління безпекою руху на українських залізницях продовжувала діяти в незалежній Україні, протягом тривалого часу та ефективно виконувала свої завдання. Проте, реалізація заходів щодо реформування [59] (аналіз наведено у Додатку А), початково викликаних внутрішніми факторами та пізніше шляхом до євроінтеграції, створюють перелік потенційних загроз для системи безпеки руху поїздів.

Відповідно до Угоди про Асоціацію з Європейським Союзом, Україна взяла на себе зобов'язання відкрити ринок залізничних перевезень за принципом вертикального розділення залізничної монополії та відкриття доступу приватних операторів до залізничної інфраструктури.

Це передбачає перехід на спільні принципи функціонування ринку залізничних перевезень:

- наявність незалежного оператора залізничної інфраструктури, який відповідатиме за якість залізничної мережі та пропускну спроможність;

- запровадження конкуренції на ринку залізничних перевезень вантажів та пасажирів;

- наявність незалежного регулятора залізничного транспорту, який затверджуватиме тарифи на доступ до інфраструктури, забезпечуватиме рівний доступ до неї всіх операторів залізничного транспорту;

- наявність незалежного органу безпеки на залізничному транспорті, який визначатиме вимоги до перевізників, перевірятиме відповідність цим вимогам та видаватиме ліцензії на здійснення перевезень.

Стратегія АТ «Українська залізниця» передбачає, що компанія функціонуватиме після реорганізації у формі вертикально-інтегрованого холдингу. В рамках даного холдингу одна із дочірніх компаній залишиться єдиним оператором залізничної інфраструктури, а інші дочірні компанії – оператори конкуруватимуть із приватними операторами послуг з перевезення вантажів та пасажирів.

На практиці у країнах ЄС реструктуризація здійснювалася по-різному: одні розділили і функції, і право власності між оператором інфраструктури та оператором перевезень (наприклад, Швеція, Великобританія, Іспанія та Нідерланди), інші вибрали таку модель реструктуризації, коли оператор інфраструктури та окремі перевізники є частиною одного холдингу із внутрішніми правилами розділення та допуском до інфраструктури приватних операторів відповідно до вимог ЄС та на недискримінаційній основі (наприклад, Німеччина).

Відповідно до прийнятих зобов'язань, до 2023 року Україна має привести у відповідність до вимог директив ЄС принципи організації та регулювання залізничного транспорту, в тому числі здійснити лібералізацію доступу до ринку та інфраструктури, розділення пропускної здатності залізничної інфраструктури, організувати стягнення зборів за користування нею тощо.

На практиці це означає, що зі структури АТ «Українська залізниця» мають виокремитись оператор інфраструктури залізничного транспорту та оператори залізничних перевезень. При цьому оператор інфраструктури має бути незалежним від будь-якого оператора залізничних перевезень.

Для виконання українських зобов'язань у рамках виконання Угоди про Асоціацію необхідно спершу прийняти Закон України про залізничний транспорт. Останній законопроект, що розглядається Верховною Радою України окреслює рамки нової моделі ринку, а наповнити її конкретним змістом мають підзаконні нормативні акти.

Новий законопроект, по-перше, передбачає запровадження конкуренції. Разом із АТ «Українська залізниця» учасниками ринку перевезень мають стати приватні компанії, які володіють парком локомотивів. На практиці це може означати створення основними експортерами власних перевізників для транспортування вантажів. Щоб мати право на залізничні перевезення, перевізникам необхідно буде отримати ліцензії, а для доступу до інфраструктури – сертифікати з безпеки.

По-друге, запроваджується нове регулювання. Створюється державний регулятор у сфері залізничного транспорту та Національна комісія з державного регулювання у сфері транспорту. Перший відповідатиме за видачу ліцензій, сертифікатів, розподіл ліній, на яких курсуватимуть перевізники, розгляд дискримінаційних скарг, а другий – за регулювання тарифів на доступ до колій.

По-третє, АТ «Українська залізниця» стане оператором інфраструктури загального користування. Це звична для ЄС модель, коли державна компанія володіє коліями, а послуги з перевезення є конкурентними.

Окрім АТ «Українська залізниця», на ринку залізничних перевезень представлені інші оператори:

- ПрАТ «Київ-Дніпровське міжгалузеве підприємство промислового залізничного транспорту», 100% акцій якого належать МІУ, доставляє вантажі під'їзними коліями від місць розміщення вантажовласників (64 залізничні станції) до магістральних колій загального користування. На балансі компанії перебуває 972,8 км залізничних колій, 168 тепловозів та 443 вантажних вагони;

- інші приватні оператори (вантажовласники та транспортно-експедиторські компанії), які володіють рухомим складом, надають послуги ремонту вагонів, колісних пар та інших технічних засобів, експедиторські послуги при перевезенні залізничним транспортом.

Крім цього, на основі нормативних документів [138, 140, 145] розпочато реалізацію експерименту з допуску суб'єктів приватної тяги до

діяльності на окремих ділянках. Метою проекту є тестування системи залучення приватних операторів: питання отримання дозволу для оперування на інфраструктури, системи управління безпекою, співпраці з Укрзалізницею як з оператором інфраструктури.

Міністерство інфраструктури України оголосило, що після прийняття Закону «Про залізничний транспорт» будуть напрацьовані та прийняті нові нормативно-правові акти для імплементації вимог закону. Для цього в МІУ створено Робочу групу, що відповідає за опрацювання принципів допуску приватних локомотивів на колії загального користування, розроблення проектів ліцензійних умов, правил рівноправного доступу до залізничної інфраструктури, методики визначення плати за доступ до колій, рекомендацій з управління безпекою тощо.

В АТ «Українська залізниця» вже сьогодні триває робота з вирішення питань сертифікації безпеки. Для цього підтримується зв'язок із Європейським залізничним агентством та готується поступово впроваджувати загальні методи безпеки, а також та систему управління безпекою. Регулювання безпеки буде здійснювати регулятор, який буде для цього створений.

1.4 Технічний аудит як потенційний інструмент зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті

Аудиторська діяльність в Україні представляє собою практичне виконання перевірок, організаційне і методичне забезпечення аудиту та надання інших аудиторських послуг суб'єктами підприємницької діяльності, а отже передбачає отримання прибутку. Зважаючи на це, потенціал цього виду діяльності реалізовується в різних сферах, утворюючи різновиди аудиту, серед яких: технічний, інвестиційний, податковий, промисловий,

управлінський, технологічний, PR-аудит, екологічний, аудит персоналу тощо.

Незважаючи на існування нормативного регулювання аудиторської діяльності в Україні, законодавчо сфера застосування аудиту зводиться лише до результатів фінансової діяльності суб'єктів господарювання [124].

Аналіз документів та наукових публікацій [9, 32, 75, 108, 121] показує, що технічний аудит, з погляду логічно структурної послідовності, розглядається науковцями і як самостійний вид аудиту, і як структурний елемент іншого виду аудиту.

Так, А.Г. Дем'янченко та О.П. Коваль, А.В. Шевцов та Щирська О.В., у роботі [75, 184] визначають технічний аудит як елемент операційного аудиту. Аналіз роботи [121] вказує на відсутність одностайної думки авторів щодо місця технічного аудиту в методиці проведення технологічного.

Розглядаючи спрямованість технічного аудиту як шляху до модернізації підприємства, ТОВ «Придніпровський центр технічного аудиту» [147] застосовує його як самостійний вид аудиту, приводячи таке визначення: «технічний аудит – це сучасне ефективне дослідження виробничих та інженерних систем, що дозволяє об'єктивно оцінити їх поточний технічний стан, виявити резерви підвищення ефективності діяльності, шляхом модернізації, скорочення енерговитрат і впровадження систем енергозбереження».

В роботах закордонних авторів [9, 32, 108] спостерігається однозначна самостійність технічного аудиту, про те напрями та цілі його застосування значно різняться. Так, в роботі [32], опублікованій під егідою Міжнародного банку реконструкції та розвитку та Світового банку W. Paterson та P. Chaudhuri визначають технічний аудит, як періодичну перевірку з метою визначення того, що кошти, активи та послуги, передбачені проектом, були поставлені в установленій кількості, якості та за вказаним місцезнаходженням і використовуються відповідно до встановленої мети, а також оцінки відповідності специфікацій і стандартів, що застосовуються в

проектах. Це є відносно новий, але потужний інструмент для здійснення контролю за реалізацією проектів. Крім цього, авторами зазначене наступне: «Щоб бути правдоподібним, аудит повинен проводитися фахівцем, що має кваліфікацію і досвід в даній області, та є незалежним від учасників проекту».

Робота [9] містить наступне визначення поняття технічний аудит – огляд документації та даних про стан підприємства незалежним експертом, результатом якого є звіт, який використовується для задоволення вимог потенційного інвестора щодо відсутності ризиків. Попри те, що авторами визначається роль незалежного технічного аудиту в залучені фінансування, одним із завдань та напрямів перевірки є оцінка дотримання норм та стандартів безпеки на виробництві.

Виключно на підвищення рівня безпеки руху спрямований технічний аудит впроваджений у структурі ОАО «РЖД». Відповідно до [108] технічний аудит – це незалежна експертиза, яка здійснюється шляхом проведення планових, позапланових, комплексних і тематичних перевірок системи менеджменту безпеки руху, спрямована на підвищення рівня безпеки руху. Проведення технічного аудиту спрямоване на підвищення рівня технічного обслуговування та експлуатаційної діяльності структурних підрозділів в цілому, так як сприяє ранньому виявленню проблем, пошуку їх корінних причин, запобіганню проблем, визначенню ризиків та управлінню ними.

Аналіз вітчизняних документів та проектів нормативно-правових актів [79, 126] вказує на сприйняття закордонного досвіду щодо застосування технічного аудиту з метою підвищення рівня безпеки.

Так, у документі [79], зазначено, що технічний аудит – це дослідження з метою визначення рівня безпеки умов праці на всіх бурових верстатах та виробництві, що здійснюється незалежним експертом.

Проект закону [126] містить поняття «аудит безпеки автомобільних доріг» – системний, детальний, технічний, незалежний процес оцінювання інженерних рішень щодо складових автомобільних доріг з метою визначення

їх впливу на забезпечення безпеки дорожнього руху, який здійснюється на усіх стадіях: проектування, будівництва (нового будівництва, реконструкції, ремонту) введення в експлуатацію та протягом усього періоду експлуатації автомобільної дороги, яке за загальними ознаками можна інтерпретувати як технічний аудит.

При цьому, необхідно звернути увагу на те, що у роботі [26] поняття технічного аудиту визначається як систематичний, незалежний і задокументований процес отримання доказів функціонування систем виробника щодо забезпечення виробництва такої продукції, яка відповідає вимогам нормативних актів, стандартів і технічної документації, результатом якого є висновок щодо відповідності для застосування готової продукції виробника. Власне це визначення і застосовується сьогодні на залізничному транспорті України.

Враховуючи аналіз ринку попиту, спеціалісти з технічного аудиту пропонують послуги з наступною метою:підвищення ефективності діяльності суб'єкта господарювання, покращення інвестиційного клімату, модернізація підприємства та підвищення рівня безпеки.

Аналіз мети проведення технічного аудиту в різних галузях дозволяє визначити її спільні риси, що приведені в табл. 1.2 та встановити найбільш поширений напрям застосування цієї процедури.

Таким чином, у всіх розглянутих галузях метою проведення технічного аудиту є підвищення рівня безпеки. Аналіз динаміки виробничого травматизму в цих секторах економіки наведено у Додатку Б.

Таблиця 1.2 – Спільні риси мети проведення технічного аудиту в різних галузях

Сфера проведення технічного аудиту	Мета проведення технічного аудиту	Спільні риси
Промисловість	виявлення резервів підвищення ефективності діяльності підприємства, попередження травматизму та досягнення безпечної та безаварійної роботи виробництва	- підвищення ефективності діяльності суб'єкта господарювання; - **підвищення рівня безпеки.**
Будівництво	ідентифікація потенційних ризиків для захисту інтересів інвесторів, власників майбутньої забудови та підвищення рівня безпеки під час проведення будівельних робіт	- захист прав інвесторів та покупців; - **підвищення рівня безпеки.**
Газовидобування	підвищення енергонезалежності країни, шляхом нарощення обсягів буріння свердловин та рівня промислової безпеки, отримання рекомендацій щодо модернізації діючого обладнання	- підвищення ефективності діяльності суб'єкта господарювання; - **підвищення рівня безпеки;** - модернізація.
Електроенергетика	ідентифікація ризиків та підвищення безпеки, розробка напрямків поточного і перспективного розвитку та модернізації обладнання підприємств електроенергетики	- підвищення ефективності діяльності суб'єкта господарювання; - **підвищення рівня безпеки;** - модернізація.

Безперечно, стверджувати, що зниження рівня травматизму в розглянутих секторах економіки це виключно наслідки застосування технічного аудиту було б некоректним, проте в комплексі застосованих заходів щодо покращення ситуації, яка склалася у 2014 р., він має вагоме місце.

1.5 Висновки та постановка проблеми. Обґрунтування мети і формулювання задач наукового дослідження

Після обрання Україною шляху до євроінтеграції пріоритетним завданням усіх секторів економіки країни стало якнайшвидше приведення показників діяльності до європейських стандартів. Сьогодні, умови функціонування залізничної галузі багато в чому наблизилися до вимог ЄС, зокрема імплементація нормативно-правових актів в законодавчу базу, реформування та зміна структури, тощо. Проте, деякі зміни, що вже відбулися та нововведення, які будуть впроваджені в найближчій перспективі створюють потенційні загрози для існуючої системи безпеки руху на залізничному транспорті.

Разом з добре розвиненою залізничною інфраструктурою та відносно прийнятним матеріально-технічним забезпеченням, Україна отримала у спадок добре налаштовану систему безпеки руху. Підвищена увага до питань забезпечення безпеки на українських залізницях з боку науковців та практиків сприяла підтримці досить високого ступеня ефективності існуючої системи. Проте необхідно звернути особливу увагу на те, що одними з основних принципів, які одночасно можна розглядати і як запоруку ефективності системи, є централізований підхід до забезпечення безпеки, пріоритет безпеки руху перед експлуатаційними показниками руху та економічною доцільністю.

У зв’язку з демонополізацією та лібералізацією ринку залізничних перевезень, в результаті проведеної реструктуризації підприємства, яке забезпечувало централізований підхід в забезпечені безпеки руху на залізничному транспорті, підтримання цього підходу з боку незалежних приватних операторів досить сумнівне.

Крім цього, кожен господарюючий суб’єкт перш за все дбає про економічний ефект діяльності, тобто при прийняті управлінських рішень, в

першу чергу, розглядаються сценарії отримання прибутку. Як відомо, обсяги прибутку напряму залежать від показника експлуатаційної роботи та витрат.

Враховуючи, що вихід на ринок залізничних перевезень та ефективність діяльності на ньому потребують значних матеріальних ресурсів, діяльність кожного приватного оператора, прямо чи опосередковано, буде пов'язана з отриманням якнайшвидшого економічного ефекту від вкладень. Таким чином, наступна принципова основа існуючої системи забезпечення безпеки, а саме пріоритет безпеки руху перед експлуатаційними показниками руху, так само підлягає сумнівам. Зважаючи на встановлення жорсткого контролю за тарифами, цією складовою збільшення прибутку оператори навряд чи зможуть скористатися.

Поряд зі збільшенням експлуатаційних показників, в підвищені ефективності діяльності та збільшені прибутку ключова роль належить мінімізації затрат. Як відомо, забезпечення та підвищення безпеки руху потребує досить значних фінансових ресурсів, а отже може дещо ігноруватися з боку приватних гравців на ринку. В сумі це припущення ставить під загрозу останній з перелічених принципів, а саме неузгодженість вимог з безпеки руху з економічною доцільністю.

Безумовно маючи досвід країн-членів ЄС, на кожному етапі реформування та імплементації вимог законодавства ЄС, розглядається побудова нової системи управління безпекою руху на залізничному транспорті, проте зважаючи на вищенаведені обставини особливої актуальності набуває питання розробки та застосування методів зовнішнього контролю. На основі аналізу особливостей та ефективності застосування технічного аудиту в інших секторах економіки, зроблено висновок про доцільність його застосування на залізничному транспорті, проте відсутність законодавчого регулювання діяльності та конкретно визначеної методики і методів цієї процедури вимагає вирішення певного кола завдань.

Тому, метою роботи є формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати становлення та стан сучасних наукових досліджень безпеки руху, методів її оцінки, дослідити передумови формування методів та потенційні інструменти зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті;

- дослідити показники безпеки руху, обрати методи дослідження та розробити методику проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю;

- теоретично дослідити методи зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті;

- виконати експериментальні дослідження практичного застосування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті.

РОЗДІЛ ІІ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДИКА ТЕХНІЧНОГО АУДИТУ ЯК ІНСТРУМЕНТУ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

У розділі необхідно визначити предмет та об’єкт дослідження і обрати методи для вирішення поставлених задач дисертаційного дослідження. Також задачею розділу є аналіз показників безпеки руху, що передбачені діючим Положенням та додаткових показників, що наводяться АТ «Українська залізниця» в щорічних звітах для визначення вузьких місць існуючої методики та факторів впливу на зміну стану безпеки руху. Крім цього, з метою формування процедури проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті необхідно провести дослідження особливостей його застосування в різних секторах економіки України, та визначити поняття та мету проведення на залізничному транспорті, а також дослідити та сформувати систему ризиків, оцінка яких буде виконуватися в процесі проведення технічного аудиту.

2.1 Методи, об’єкт і предмет дослідження

Оскільки метою роботи є формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, то **об’єктом дослідження** є зовнішній контроль безпеки руху на залізничному транспорті, а п**редметом дослідження** є методи зовнішнього контролю на залізничному транспорті.

Для досягнення мети дисертаційної роботи та поставлених задач необхідним є застосування відповідних методів дослідження.

Методи дослідження. Для формування методів зовнішнього контролю і оцінки стану безпеки руху на залізничному транспорті використовувалися методи аналізу і синтезу, причинно-наслідкові зв’язки, теорія ймовірностей, математична та байєсова статистика. Для побудови математичних моделей

були використані показники ризику, теорії інформації, ймовірностей, надійності технічних систем і метод аналогій.

2.2 Показники безпеки руху на залізничному транспорті

Будучи однією з базових галузей економіки України, залізничний транспорт забезпечує її внутрішні та зовнішні транспортно-економічні зв'язки і потреби населення у перевезеннях. Ефективність його діяльності значною мірою впливає на функціонування всіх галузей суспільного виробництва, соціальний і економічний розвиток та зміцнення обороноздатності держави, а також міжнародне співробітництво.

Взаємодіючи з іншими видами транспорту, підприємства залізничного транспорту забезпечують своєчасність та якість перевезення пасажирів і вантажів, розвиток сфери транспортного обслуговування і безпеку руху. Саме безпечність є одним із головних принципів функціонування залізничного транспорту в Україні [127].

Згідно з діючим Положенням про систему управління безпекою руху поїздів на залізницях України [135] для оцінки стану безпеки руху поїздів застосовують абсолютні та питомі показники. В якості абсолютних, при проведенні щорічного аналізу стану безпеки руху в структурі АТ «Укрзалізниця», використовуються статистичні показники, а саме: кількість транспортних подій, приведена на рис. 2.1, та кількість постраждалих осіб, що загинули або були травмовані, приведена в табл. 2.1.

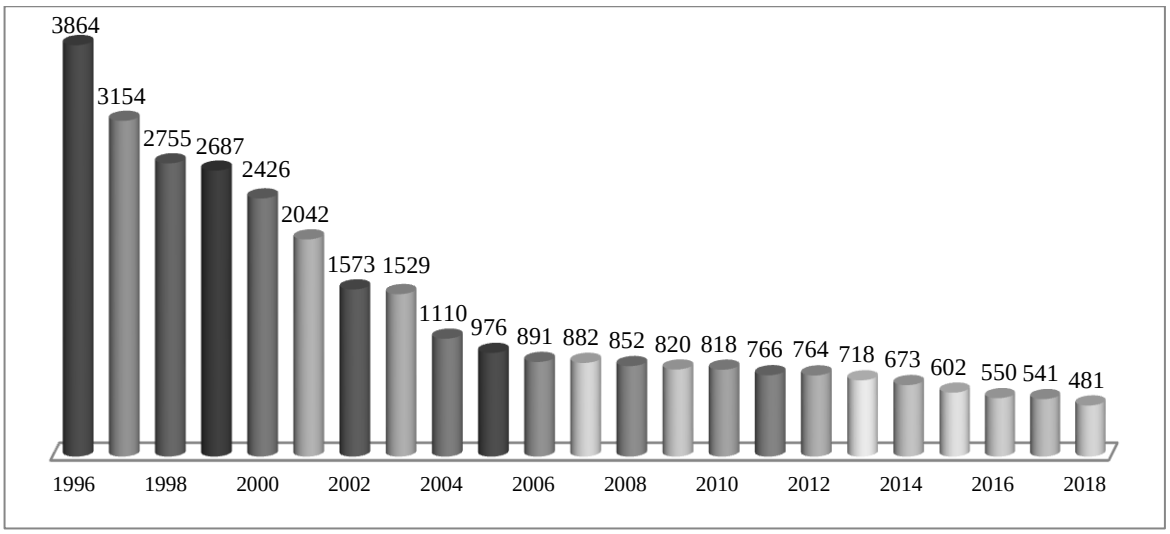


Рис. 2.1. Кількість транспортних подій в структурі АТ «Українська залізниця» у 1996-2018 роках

Таблиця 2.1 – Кількість осіб, що постраждали в результаті транспортних подій на залізничному транспорті [97, 171-180]

Транспортна подія	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	загинуло	травмовано	загинуло	травмовано	загинуло	травмовано	загинуло	травмовано	загинуло	травмовано	загинуло	травмовано	загинуло	травмовано	загинуло	травмовано
Катастрофи	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11	–	–
Аварії	–	–	–	3	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	3
Серйозні інциденти	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Інциденти	–	2	–	7	–	–	–	–	–	3	–	1	–	1	–	–
Всього	**–**	**2**	**–**	**10**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**3**	**–**	**2**	**–**	**12**	**–**	**3**

Класифікація транспортних подій здійснюється на підставі Положення про класифікацію транспортних подій на залізницях України, затвердженого наказом Міністерства інфраструктури України від 12.01.2012 № 12 (до 08.08.2017), та діючого Положення про класифікацію транспортних подій на залізничному транспорті, що затвердженого наказом Міністерства

Інфраструктури України від 03.07.2017 № 235. Так, до зазначеної дати, транспортні події поділялися на катастрофи, аварії, серйозні інциденти та інциденти. Сьогодні ж, згідно чинного наказу, це катастрофи (аварії із серйозними наслідками), аварії та інциденти [133, 134].

Відповідно до [135] основними питомими показниками оцінки стану безпеки руху поїздів є кількість:

- транспортних подій на 1 млн. приведених т-км;
- загиблих на 100 подій;
- травмованих на 100 подій.

Для визначення питомого показника за першим критерієм розглянемо динаміку кількості транспортних подій та обсягів перевезень, що приведені на рис. 2.2.

Рис. 2.2. Динаміка кількості транспортних подій на залізничному транспорті та обсягів перевезень за 1996-2018 рр.

За даними приведеними на рис. 2.2 та в табл. 2.1 можемо визначити питомі показники стану безпеки руху поїздів за 2011-2018 рік, які приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Питомі показники стану безпеки руху АТ «Українська залізниця» у 2011-2018 рр.

Показник	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Кількість транспортних подій на 1 млн. приведених т-км	0,0026	0,0027	0,0027	0,0028	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021
Кількість загиблих на 100 подій	–	–	–	–	–	–	–	–
Кількість травмованих на 100 подій	0,26	1,32	–	–	0,5	0,36	2,21	0,62

Оскільки для абсолютного показника безпеки руху характерним є зменшення кількості транспортних подій, аналогічні тенденції відмічаються і в динаміці відповідного питомого показника розрахованого на його основі. Відсутність наступного абсолютного показника, а саме кількості осіб, що загинули внаслідок транспортної події не дозволяє розрахувати відповідний питомий показник. Останній абсолютний показник – кількість осіб, що були травмовані внаслідок транспортних подій – не має однозначної динаміки. Після відсутності показника у 2013 та 2014 році, він зазнає значного збільшення у 2017 році у зв’язку з допущеною катастрофою, що відображається і на питомому показнику, розрахованому на його основі [112].

Крім передбачених [135] та розглянутих показників, при оцінці безпеки руху на залізницях використовуються також додаткові показники, що відображаються у звітах, аналіз яких приведено у Додатку В.

Зважаючи на те, що політикою АТ «Українська залізниця», підвищення безпеки руху визначено як один з пріоритетних напрямів діяльності, інтегровані звіти товариства насичені додатковими показниками, загальні позитивні обставини підвищення стану безпеки руху підкріплені інформацією про обсяги капіталовкладень на оновлення і капітальний ремонт

рухомого складу та інфраструктури, а також підвищення кваліфікації працівників, в тому числі, і з питань безпеки руху.

Оскільки для реалізації завдань, що поставлені перед методами зовнішнього контролю (технічним аудитом), розглянутих показників - недостатньо, тому проаналізуємо динаміку показника кількості транспортних подій у відношенні до середньооблікової кількості працівників експлуатаційної роботи (рис. 2.3).

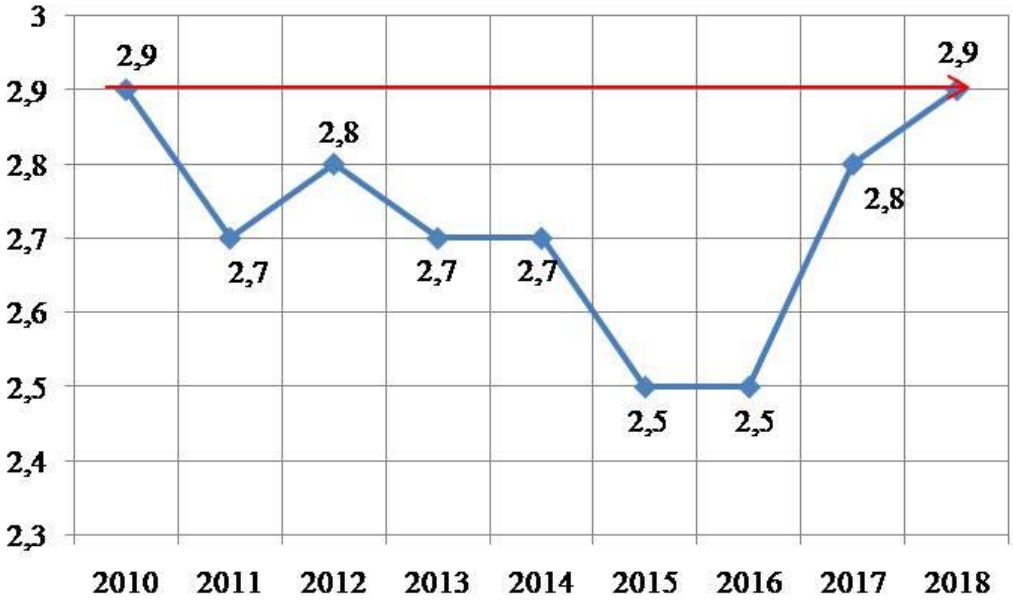


Рис. 2.3. Кількість транспортних подій на залізничному транспорті у розрахунку на тисячу працівників експлуатаційної роботи у 2010-2018 рр.

Дані, приведені на рис. 2.3, свідчать про те, що кількості транспортних подій у розрахунку на 1 тис. працівників, характерні деякі коливання в бік зменшення; у 2018 році – значення даного показника повернулося на рівень 2010 року.

Крім цього, необхідно відзначити відсутність комплексного показника безпеки руху поїздів. До того ж, жоден з показників, передбачених Положенням не дозволяє оцінити стан безпеки в окремому господарстві, тому виникає необхідність застосування інших методів та підходів до оцінки стану безпеки в структурних підрозділах АТ «Українська залізниця». Таким

комплексним методом зовнішнього контролю безпеки руху є технічний аудит.

2.3 Методика проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху

2.3.1 Порівняльна характеристика методик технічного аудиту, що застосовуються в різних секторах економіки

Якщо розглядати поняття методики [66, 64, 80, 92, 151] як письмового документа, то, зазвичай він має таку структуру: мета проведення заходу; часовий проміжок проведення; суб'єкт, що здійснює захід; об'єкт, який підлягає обстеженню; порядок проведення (зміст аудиту); методи (способи здійснення); вимоги щодо оформлення результатів діяльності.

З урахуванням наведених критеріїв розглянемо Проект нормативного акту з впровадження технічного аудиту в галузі автомобільного транспорту. Як відзначається авторами проекту, досвід 2015-2017 року засвідчив, що експлуатація доріг після ремонту часто призводить до зростання травматизму та смертності внаслідок дорожніх аварій. Основні характеристики методики технічного аудиту в галузі автомобільного транспорту, передбачені в [126], наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики методики технічного аудиту в галузі автомобільного транспорту

Мета	Об'єкт проведення	Замовники аудиту	Суб'єкт проведення
створення безпечної дорожньої інфраструктуру, яка фізично унеможливить певні фактори ризику	автомобільні дороги на стадіях проектування, будівництва, введення в експлуатацію та експлуатації	власники доріг (Укравтодор, служби автомобільних доріг в областях, ін.) і фізичні та юридичні особи	аудитор, аудиторські компанії

Порядок здійснення аудиту та вимоги до аудитора і результатів його діяльності затверджуються додатково Кабінетом Міністрів України [126].

Незважаючи на проведення технічного аудиту в сфері промисловості для підвищення ефективності діяльності, а отже підвищення прибутку, дана процедура вважається одним із шляхів підвищення промислової безпеки, особливо на небезпечних виробничих об'єктах, методика проведення яких наведена в табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Методика проведення технічного аудиту у сфері промисловості [147]

Елемент	Зміст
Суб'єкт	Незалежний експерт
Об'єкт	Будівлі і споруди, інженерні та енергетичні системи, лінії зв'язку і електропередачі, технологічні лінії і верстати, виробничий інструментарій, машини і спецтехніка, об'єкти енергозабезпечення та інші виробничі складові
Зміст	- Експертиза експлуатаційної та технічної документації підприємства, виробництва; - Аналіз стану промислових і технічних об'єктів, заснований на результатах технічних випробувань, проведених на місці; - Перевірка стану приладів обліку; перевірку відповідності документації вимогам законодавства, нормам, стандартам, інструкціям і правилам в області промислової, екологічної, пожежної безпеки, тощо
Методи	Діагностика, співбесіда, тестування, аналіз виконавчої документації, аналіз прибутково-видаткової частини, тощо
Результати	Звіт з рекомендаціями по усуненню виявлених невідповідностей, на основі якого приймається рішення про перелік і доцільності проведення комплексу заходів

У сфері будівництва технічний аудит проводиться за двома напрямами: аудит земельних ділянок та аудит об’єктів нерухомості.

Актуальність першого, пов’язана з вимогами іноземних компаній, які передбачають внесення інвестицій в Україні, отримання гарантій щодо відсутності фінансових, юридичних і технічних ризиків при забудові відповідної земельної ділянки [168]. За другим напрямом (об’єкти нерухомості) аудит включає перевірку будівельної діяльності суб’єкта господарювання та оцінку технічного стану обладнання, яке використовується в процесі будівництва. Результатом перевірки є висловлення незалежної думки аудитора про їх відповідність вимогам будівельних норм та стандартів, дотримання вимог щодо строків, якості виконаних робіт згідно із вимогами замовників. Таким чином, технічний аудит об’єктів нерухомості проводиться з метою ідентифікації максимального обсягу потенційних ризиків, які можуть очікувати інвестора або власників майбутньої забудови.

Суб’єктами аудиту може бути ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» або інша фізична чи юридична особа, проте всі вони мають бути незалежними по відношенню до власника майна.

Об’єктом аудиту можуть бути будівлі та земельні ділянки, що перебувають в процесі проектування, будівництва чи здачі в експлуатацію.

Основні процедури, що проводяться під час аудиту приведені в табл. 2.5.

Необхідність проведення технічного аудиту в сфері газовидобування обумовлена тим, що на сучасному етапі розвитку галузі більшість технологічних, технічних та консультаційних послуг надається внутрішніми підрозділами АТ «Укргазвидобування». Як зазначається спеціалістами, це призводить до зниження якості послуг, некоректного відображення вартості таких послуг та, зважаючи на масштаби компанії, перешкоджає розвитку ринку спеціалізованих нафтогазових послуг в Україні.

Таблиця 2.5 – Основні процедури, що проводяться під час технічного аудиту у сфері будівництва

Процедури	
Описові	Аналітичні
візуальний огляд об’єкту нерухомості з фотофіксацією	аналіз фактичного стану земельної ділянки (наявність будівель, стан рельєфу та ін.)
опис земельної ділянку, місцевість, кліматичний район, географічне положення, фотографії з місця дослідження	аналіз існуючого стану зелених насаджень (без оцінки цінності порід дерев і їх перерахунку)
опис існуючої транспортної доступності і наявності під’їзних шляхів, в т. ч. на відповідність навантажень на під’їзні дороги, мости	аналіз району і ділянку на предмет виду дозволеного використання земель, розташування житлової, промислової, інших зон
опис існуючих проектних рішень	аналіз існуючої початково-дозвільної документації
опис геологічних умов об’єкту, тощо	аналіз технічного стану існуючих будівель, тощо

З метою вирішення поставленої проблеми керівництвом компанії прийняте рішення про залучення незалежних експертів для проведення технічного аудиту, який включає дослідження технічного стану обладнання, інспекцію виробничих баз та складів, а також визначення рівня безпеки умов праці на всіх бурових верстатах та виробництві. На основі отриманих результатів має бути підготована програма модернізації бурових верстатів та план підвищення кваліфікації інженерного персоналу, реалізація яких дозволить підвищити енергонезалежність країни шляхом нарощення обсягів буріння свердловин [79].

Технічний аудит у сфері електроенергетики спрямований на структуризацію існуючих систем енергопостачання, ідентифікацію ризиків, що нерідко стають причиною виникаючих технологічних проблем, розробку програми впровадження енергоефективних технологій, оптимізацію або реконструкцію енергопостачання, систем електросилового та дистанційного

автоматизованого управління, розробку напрямків поточного і перспективного розвитку підприємств електроенергетики.

Технічний аудит в галузі морського транспорту проводиться в межах реалізації комплексної програми підвищення ефективності діяльності морського порту [75].

Розглянувши мету застосування технічного аудиту в різних галузях та оцінивши індикатори, що свідчать про її досягнення, та порівнявши методики його застосування, виникає необхідність у проведені аналізу особливостей проведення цієї процедури на залізничному транспорті, оскільки мета та методика його проведення кардинально відрізняється від інших галузей.

2.3.2 Особливості проведення технічного аудиту в галузі залізничного транспорту

Функції проведення технічного аудиту в АТ «Українська залізниця» виконує Центр технічного аудиту (ЦТА), створений в структурі ДП «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця».

Основними задачами технічного аудиту в галузі залізничного транспорту є визначення:

- відповідності систем виробника критеріям аудиту, якими є нормативна та конструкторська документація, внутрішні керівні документи АТ «Укрзалізниця»;

- методики та технічної можливості для проведення інспекційного і приймального контролю продукції;

- показників якості продукції, що приймається інспекційним та приймальним контролем, для моніторингу стану якості продукції за допомогою статистичних методів [118]. При цьому, протягом 2016-2017 рр. Службою безпеки України спільно з Генеральною прокуратурою відкрито

ряд кримінальних проваджень, підставою для яких стало регулярне придбання чиновниками АТ «Українська залізниця» неякісної продукції, а саме запчастин для ремонту залізничних вагонів з вичерпаним терміном придатності, контрафактних та неліквідних запчастин для тягового рухомого складу, комплектуючих, вироблених з грубими порушеннями технічних умов, що, зокрема, значно знижує термін експлуатації запчастин. Більшість звинувачень ґрунтується на недотриманні в структурі АТ «Українська залізниця» належної перевірки якості товару, як того вимагають нормативні документи [119].

За висновками експертів профільних наукових закладів, закупівля вказаних комплектуючих та запчастин могла призвести до надзвичайних подій на залізниці під час вантажних та пасажирських перевезень [68].

Приведені факти свідчать про те, що створення та функціонування ЦТА не дає гарантій АТ «Українська залізниця» щодо закупівлі підприємством неякісної продукції, яка створює додаткові ризики в його діяльності.

Крім цього, дані щодо кількості транспортних подій, що відбуваються з причин неякісного ремонту та кількість актів-рекламацій складених ВЧД на неякісний ремонт, приведена в табл. 2.6, свідчать про відсутність належного контролю на стадії приймання, як комплектуючих, так і рухомого складу після виконання ремонтних робіт.

Таблиця 2.6 – Кількість актів-рекламацій складених на неякісний ремонт за 2013-2015 рр.

Показник	2013	2014	2015
Загальна кількість складених актів-рекламацій	988	1015	1256
в т.ч. складених на:			
- вагоноремонтні заводи	63	63	71
- ВЧД України	539	463	611
- інші підприємства України	48	67	213
- ВЧД, ВРЗ країн СНД	338	422	361

Технічні аудити, що проводяться ЦТА мають статус «Аудити другою стороною», тобто аудити, що проводяться представниками замовника чи іншою зацікавленою особою.

Світові тенденції обумовлюють підготовку пріоритетних проектів АТ «Українська залізниця» пов'язаних з розвитком швидкісного руху, побудовою міжнародних транспортних коридорів та розвитком мультимодальних перевезень, але незадовільний стан залізничної інфраструктури та рухомого складу перешкоджає їх реалізації [185]. На відміну від інших країн ЄС, галузь залізничного транспорту України характеризується надзвичайно високим рівнем зносу основних фондів, які забезпечують її функціонування. Експлуатація цих фондів містить істотні ризики, своєчасність ідентифікації яких та організація управління ними є запорукою безпеки [22, 47].

Крім цього, основними принципами аудиту є незалежність та неупередженість. Враховуючи, що суб'єктом проведення технічного аудиту є ЦТА, підпорядкований та підзвітний АТ «Українська залізниця», їх дотримання викликає сумніви. До того ж, автори наукових публікацій [8, 34, 49, 111] наголошують на необхідності залучення незалежних експертів з проведення технічного аудиту для отримання об'єктивних та неупереджених результатів.

Отже, отримані результати дослідження особливостей проведення технічного аудиту в сфері промисловості, будівництва, газовидобування, електроенергетики, морського та залізничного транспорту дозволяють визначити спільні та відмінні риси його об'єкту та суб'єкту, що характерні для більшості галузей. Результати автором запропоновано подати у вигляді блок-схеми, що приведена на рис. 2.4.

Рис. 2.4. Об'єкт та суб'єкт технічного аудиту різних галузей економіки

Таким чином, при аналізі застосування технічного аудиту в різних галузях економіки України встановлено, що в їх переважній частині, процедура проводиться незалежними експертами, а дослідженням підлягають об'єкти, що експлуатуються. Аналіз особливостей впровадження та застосування технічного аудиту на залізничному транспорті свідчить про наявність кардинальних відмінностей в його завданнях, меті та результатах, у порівнянні з іншими галузями.

2.3.3 Методика технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті

На основі аналізу застосування технічного аудиту в різних секторах економіки країни, а також враховуючи відсутність нормативної дефініції цього поняття, у даній роботі, під технічним аудитом будемо розуміти **«незалежний процес зовнішнього контролю безпеки руху об'єктів**

залізничного транспорту в процесі експлуатації для оцінки та прогнозування ризиків і управління ними».

Дане формулювання терміну технічний аудит обґрунтовується не лише аналізом підходів до визначення даного поняття, а й дослідженням мети його проведення у різних галузях економіки країни, яку обумовлюють проблеми, що перешкоджають повноцінній діяльності підприємств.

Метою технічного аудиту є оцінка, прогнозування та управління ризиками в процесі здійснення зовнішнього контролю безпеки руху об'єктів залізничного транспорту.

Оскільки для оцінки стану безпеки руху при здійснені зовнішнього контролю будуть застосовані показники ризиків, необхідно розглянути існуючі класифікації ризиків на залізничному транспорті.

Під ризиком на залізничному транспорті розуміється ймовірність виникнення потенційно можливої небезпечної події й, пов'язаного з нею, збитку [156, 162].

Ризики на залізничному транспорті характеризуються складністю та різноманітністю, тому їх класифікація проводиться за окремими ознаками [95, 152, 156].

Класифікація ризиків проведена за видами, втратами й розмірами небезпек [162]. Так за видами відокремлено три групи ризиків: техногенні, соціальні та екологічні. За масштабністю, автором відокремлюються: індивідуальні, колективні та ризики суспільства. За ознакою розмірності ризики на залізничному транспорті розподілені на допустимі, граничні та недопустимі [162].

Автором роботи [156] ризики на залізничному транспорті класифіковано за наступними ознаками:

- об'єкт прояву – види ризики, автором не описані, виділено ризикогенні об'єкти на залізничному транспорті: пасажири та працівники, рухомий склад та залізничні засоби, вантажний та пасажирський вагонні

парки, залізничні контейнери, вантаж або багаж, будівлі, споруди та багато іншого;

- джерела виникнення – природно-кліматичні, антропогенні, технічні та макроекономічні;

- етапи транспортування – ризики етапу підготовки до переміщення; здійснення переміщення; завершення переміщення;

- різновиди перевезень – ризики характерні для вантажних перевезень, для пасажирських перевезень і ті, що супроводжують всі перевезення залізницями.

Автором роботи [81] проведено класифікацію ризиків при транспортному обслуговувані, серед який виділено категорії зовнішні ризики (комерційний, політичний, галузевий, податковий, інфляційний, соціальний) та внутрішні (технологічний, ресурсний, інформаційний, кадровий).

В роботі [89] розглянута узагальнена класифікація ризиків на залізничному транспорті, серед яких: внутрішні та зовнішні; постійні та тимчасові; спекулятивні та чисті; техногенні, природні та мішані; припустимі та критичні; природні, екологічні, політичні, транспортні, майнові та торгові. Крім цього, автором розглянуті види зовнішніх ризиків, а саме: макроекономічні, фінансові, ринкові, ризики трудових ресурсів, репутаційні, політичні, техногенні і природо-кліматичні, науково-технічні та технологічні ризики. Також розглянуті внутрішні ризики: виробничо-технологічні, технічні та ресурсні, інвестиційні, ризики структурних перетворень, кадрові та управлінські.

Класифікація ризиків, представлена в роботі [152], передбачає наявність на залізничному транспорті наступних видів ризику: внутрішні та зовнішні; постійні та тимчасові; прогнозовані та не прогнозовані; техногенні, природні та мішані; незначні, критичні та катастрофічні; виробничі, фінансові, комерційні та інноваційні; природні, екологічні, політичні, економічні, кадрові.

Крім цього, питання класифікації ризиків на залізничному транспорті розглянуті в роботах [27, 54, 116, 123].

Необхідно зазначити, що здійснення зовнішнього контролю безпеки руху передбачає предметну спрямованість процедури. Відповідно розглянуті види ризиків не можуть бути застосовані, принаймні у такому поєднанні, а тому виникає необхідність в побудові системи ризиків, яка буде характеризувати стан безпеки на залізничному транспорті та може бути застосована для його оцінки.

В той же час, зважаючи на багатогранну структуру галузі, необхідно враховувати не тільки природу походження ризику, але й зону їх виникнення. Оскільки методи зовнішнього контролю можуть бути застосовані на будь-якому з рівнів, що входять до структури галузі, в даній роботі, ризики доцільно класифікувати з урахуванням обох ознак одночасно.

Так, область задач технічного аудиту, на думку автора, повинна визначатись наступними категоріями ризиків:

- точковий ризик – ймовірність виникнення потенційно можливої небезпечної події у процесі здійснення перевезень, що зумовлена окремим одиночним видом порушення безпеки руху, а саме: порушенням посадових обов’язків, порушенням технічних умов, відмовою чи несправністю пристроїв СЦБ, несправністю автоматичного обладнання, тощо;

- спеціальний ризик – ймовірність виникнення потенційно можливої небезпечної події у процесі здійснення перевезень, що зумовлена множиною одиночних видів порушень безпеки руху, об’єднаних за одним спеціальним критерієм. До даної категорії входять два типи ризику: технологічний та технічний.

Під технологічним ризиком розуміємо ймовірність порушення технології транспортного процесу, з наслідками певного рівня за певний період функціонування об’єкту технічного аудиту.

Технічний ризик – ймовірність відмов технічних та транспортних засобів, обладнання, тощо, з наслідками певного рівня за певний період

функціонування об’єкту технічного аудиту. Ці ризики в процесі експлуатації пов’язані з несправністю основних елементів рухомого складу, інфраструктури та недостатнім контролем за їхніми фізичними властивостями [156].

Як технологічний, так і технічний ризики, мають універсальний характер, тобто можуть завдати збитків майну, життю, здоров’ю людей та майновим інтересам юридичних осіб [56];

- локальний ризик – ймовірність виникнення потенційно можливої небезпечної події у процесі здійснення перевезень, що зумовлена множиною усіх видів порушень безпеки руху (об’єднаних за спеціальними критеріями) з наслідками певного рівня за певний період функціонування об’єкту технічного аудиту;

- інтегральний ризик – ймовірність виникнення потенційно можливої небезпечної події у процесі здійснення перевезень, що зумовлена множиною усіх видів порушень безпеки руху, з наслідками певного рівня за певний період функціонування об’єкту, визначена з урахуванням інтегральної оцінки безпеки руху на об’єкті технічного аудиту;

- загальний ризик – ймовірність виникнення потенційно можливої небезпечної події у процесі здійснення перевезень, що зумовлена множиною усіх видів порушень безпеки руху, з наслідками певного рівня за певний період функціонування об’єкту.

Виконання визначених задач технічного аудиту на залізничному транспорті ускладнюється багатопрофільною структурою галузі. Тому, всі задачі мають бути виконаними з урахуванням наступних особливостей:

- виявлення та розрахунок значень точкових ризиків найнижчого рівня підпорядкування (відокремлений структурний підрозділ, дільниця, депо, тощо);

- виявлення та розрахунок значень спеціальних ризиків найнижчого рівня підпорядкування (відокремлений структурний підрозділ, дільниця, станція, депо, тощо);

- виявлення та розрахунок значень локальних ризиків середнього рівня підпорядкування (господарства, регіональні філії);

- виявлення та розрахунок значень інтегральних ризиків найвищого рівня підпорядкування (АТ «Українська залізниця»);

- виявлення та розрахунок значень загальних ризиків найвищого рівня підпорядкування (АТ «Українська залізниця»).

Якщо розглянути процес управління ризиком у розрізі структурних елементів (етапів, процедур і кроків), які представлено на рис. 2.5, то можна визначити місце технічного аудиту та перелік завдань, які можуть бути виконані шляхом його застосування.

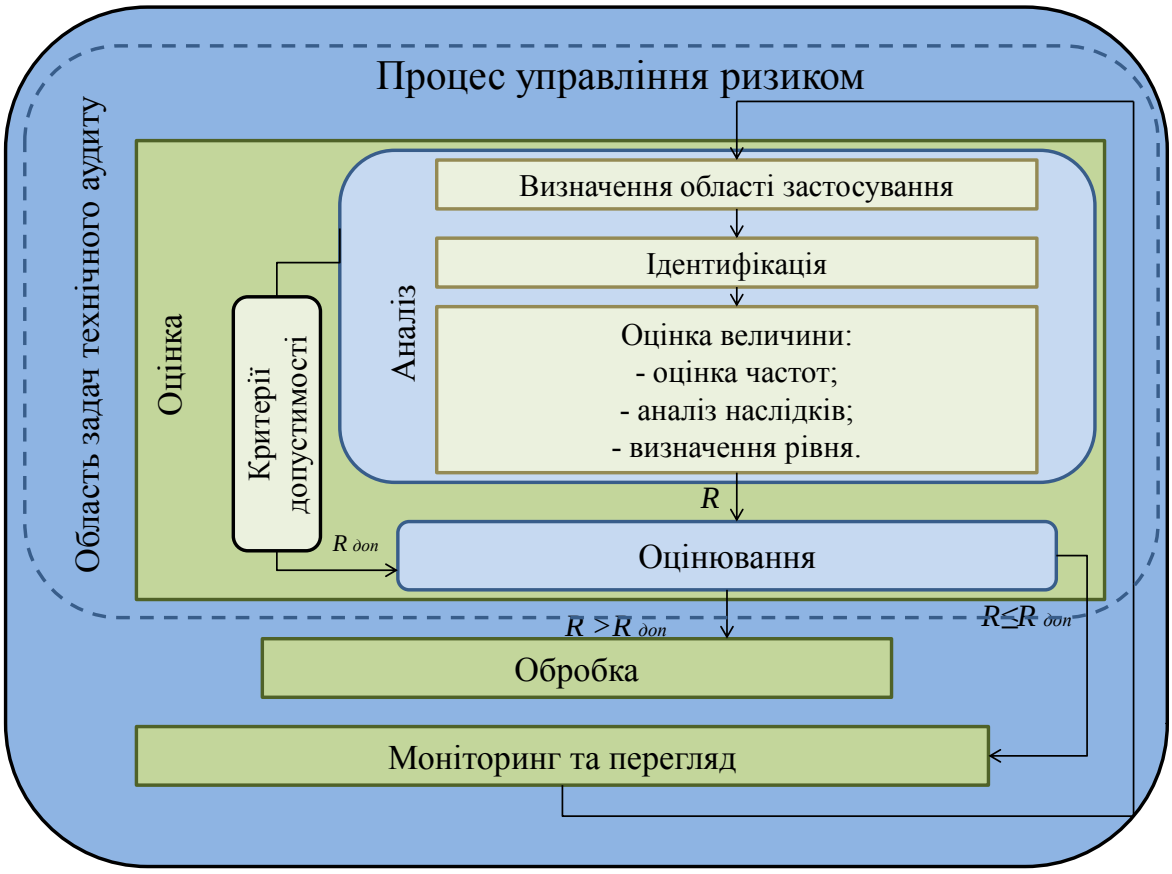


Рис. 2.5. Загальний вигляд схеми процесу управління ризиком

Таким чином, в процесі технічного аудиту замовник отримує оцінку п’яти категорій ризику, приведених на рис. 2.6.

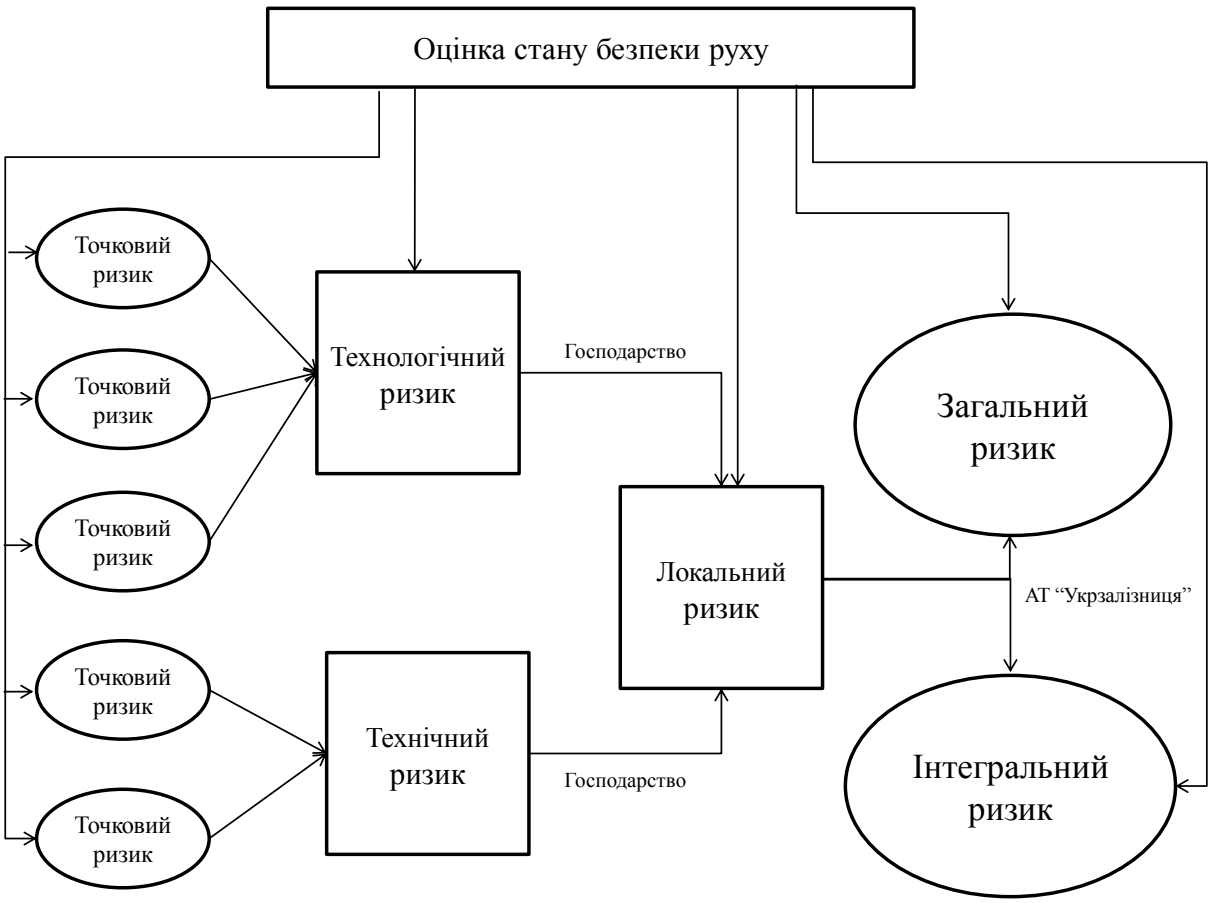


Рис. 2.6. Категорії ризиків на залізничному транспорті

Незважаючи на прив'язку певної категорії ризику до рівня підпорядкованості, для кожного з них можуть бути виконані кількісні розрахунки.

Окрім визначення основних понять, мети та категорій ризиків, що будить досліджуватися під час здійснення зовнішнього контролю дефініція поняття методики передбачає описання сукупності методів, які будуть застосовані.

На основі аналізу методів керування ризиком [91], наведеного в розділі І, можемо зробити наступні висновки:

- зовнішній контроль має забезпечувати отримання комплексного показника безпеки руху, що дозволить визначити значення інтегрального ризику;

- оскільки при оцінці ризиків на залізничному транспорті при внутрішньому контролі перевага віддається методам, що дозволяють отримати кількісні показники на виході, доцільним є формування кількісних методів зовнішнього контролю;

- недоліком деяких методів передбачених стандартом [91] (аналізування видів і наслідків відмов, аналізування дерева подій) є формування спрощених чи надмірно оптимістичних очікувань, що має бути враховано при формуванні методів зовнішнього контролю (застосування максимально можливої кількості сценаріїв та способів прогнозування);

- застосування методів, передбачених стандартом [91], потребує поєднання методів сформованої системи ризиків: аналізування дерева відмов та подій – оцінювання технічних ризиків; загальне оцінювання надійності людини – технологічних, тощо.

- застосування деяких методів потребує спеціальних кваліфікацій (Марковське аналізування), великої кількості операцій (Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло), знання множини умовних ймовірностей (Байєсова статистика і мережі Байєса), тощо;

- більшість методів керування ризиком не виключають вплив людського фактору або допущення помилок у зв’язку з невідповідністю кваліфікації чи фахових знань та інших причин, мають високу складність та трудомісткість на підготовку та реалізацію, а відповідно являються високовартісними, тому при формуванні методів зовнішнього контролю перевага віддається побудові математичних моделей, які можуть бути покладені в основу програмних додатків.

Для формування методів зовнішнього контролю, під час теоретичних досліджень будуть застосовані методи показників ризику та байєсова статистика (вираз повної ймовірності) і застосовано аналіз причинно-наслідкових зв’язків для оцінки та прогнозування ризиків в процесі технічного аудиту.

До основних методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, які можуть бути застосовані в процесі проведення технічного аудиту слід віднести: метод інтегральної оцінки та метод управління ризиками, теоретичні основи яких будуть подані в наступному розділі.

Результатом технічного аудиту, як процесу зовнішнього контролю, є висновок аудитора щодо стану безпеки руху на об'єкті залізничного транспорту із зазначенням апріорних та апостеріорних ризиків, що входять до запропонованої системи та можливі шляхи управління ними.

2.4 Висновки до розділу II

У розділі визначено об'єкт, предмет дослідження та обрано методи для вирішення поставлених задач дисертаційної роботи. Також досліджено показники безпеки руху, що передбачені діючим Положенням та розглянуто додаткові показники, що використовуються АТ «Українська залізниця» в щорічних звітах. При встановлені позитивної динаміки до зниження розглянутих показників, необхідно відзначити про відсутність комплексного показника безпеки руху, який доцільно було б розглянути при здійсненні зовнішнього контролю, а отже сформувати метод його визначення.

При вивчені практики застосування технічного аудиту в різних секторах економіки України встановлено, що, в їх переважній частині, кінцевою метою є підвищення рівня безпеки. Аналіз особливостей впровадження та застосування технічного аудиту на залізничному транспорті свідчить про наявність кардинальних відмінностей в його завданнях, меті та очікуваних результатах, у порівнянні з іншими секторами.

На основі узагальнення отриманих даних, у розділі визначено основні поняття, пов'язані з проведенням технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, а саме, визначено

поняття: «Технічний аудит – незалежний процес зовнішнього контролю безпеки руху об’єктів залізничного транспорту в процесі експлуатації для оцінки та прогнозування ризиків і управління ними». Також сформульовано мету проведення технічного аудиту в галузі залізничного транспорту України. На думку автора роботи, слід застосовувати наступне визначення: «Метою технічного аудиту є оцінка, прогнозування та управління ризиками в процесі здійсненню зовнішнього контролю безпеки руху об’єктів залізничного транспорту».

Оскільки в процесі зовнішнього контролю будуть досліджуватися ризики, було проаналізовано класифікацію ризиків, що застосовуються у транспортних процесах. Встановлено, що оцінка стану безпеки руху під час застосування методів зовнішнього контролю не може бути здійснена за значеннями ризиків, наведених в існуючих класифікаціях, тому в роботі побудовано систему ризиків, яка характеризує стан безпеки на залізничному транспорті та включає: загальний, інтегральний, локальний, спеціальний і точковий ризики. Також розроблено методику технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, в яку включено оцінку безпеки руху з використанням системи ризиків.

Зважаючи на те, що методика передбачає сукупність методів, у наступному розділі буде досліджено процес формування методів зовнішнього контролю безпеки руху під час технічного аудиту. Загальний алгоритм та етапи застосування технічного аудиту при зовнішньому контролі безпеки руху на залізничному транспорті будуть розглянуті в розділі IV.

РОЗДІЛ ІІІ ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Враховуючи те, що при зовнішньому контролі безпеки руху на залізничному транспорті буде застосовано технічний аудит, то у розділі необхідно розглянути теоретичні основи формування методів зовнішнього контролю та:

- побудувати математичну модель, яка дозволить провести оцінку усіх категорій ризиків, передбачених сформованою системою і здійснити прогнозування за різними сценаріями;

- узагальнити теоретичні основи проведення інтегральної оцінки безпеки руху та алгоритму її проведення;

- побудувати математичну модель визначення та прогнозування поля потенційної та критичної небезпеки;

- удосконалити експлуатаційну модель управління ризиками, розширивши перелік факторів впливу.

3.1 Математична модель оцінки та прогнозування ризиків

Для конкретного моменту часу під ризиком транспортних процесів (поточного стану безпеки руху поїздів) вважатимемо апостеріорний ризик за певний досліджений інтервал спостережень, а для прогнозування ризиків (майбутнього стану безпеки руху поїздів) будемо використовувати апріорний ризик.

Апостеріорний ризик транспортних процесів буде характеризуватися статистичними даними з безпеки руху конкретного підрозділу, ділянки або всієї залізниці за досліджуваний період. Даний показник буде

характеризувати ризик втрат відповідної досліджуваної транспортної системи.

Апріорний ризик транспортних процесів буде ґрунтуватися на заздалегідь оброблених статистичних даних по всій залізниці або її окремої частини для найбільш значущих досліджуваних періодів спостережень за безпекою руху. За допомогою даного показника можуть бути спрогнозовані величини очікуваного розкиду параметрів транспортної системи (транспортні події), ймовірність відмов або порушення технології транспортного процесу.

Нехай дано множину об'єктів транспортної системи залізниці, яку запишемо наступним чином:

$$\mathrm{A} = (\mathrm{A}_1, \mathrm{A}_2, \dots, \mathrm{A}_N), \tag{3.1}$$

де N – кількість розглянутих об'єктів транспортної системи відповідної досліджуваної залізниці,

і множину підсистем транспортних засобів залізниці, яку запишемо у наступному вигляді:

$$B = (B_1, B_2, \dots, B_M), \tag{3.2}$$

де M – кількість підсистем транспортних засобів на певній окремій ділянці досліджуваної залізниці.

Введемо величини апріорного і апостеріорного ризику для окремого об'єкту транспортної системи досліджуваної залізниці A_i, які позначимо як:

$$R(A_i) \text{ і } \widehat{R}(A_i)$$

відповідно.

Теж зробимо для транспортних засобів на досліджуваній ділянці залізниці B_i, які позначимо як:

$$R(B_i) \text{ і } \widehat{R}(B_i)$$

відповідно для апріорного та апостеріорного ризику.

Тоді для минулого часу будуть характерні величини апостеріорного ризику $\hat{R}(A_i)$ і $\hat{R}(B_i)$, а для майбутнього часу – характерними будуть величини апріорного ризику $R(A_i)$ і $R(B_i)$.

Якщо розглядати найпростіший випадок, тобто без змін, то можемо записати наступну рівність для ризиків:

$$R(X) = \hat{R}(X), \tag{3.3}$$

де X – відповідний транспортний процес.

Якщо транспортний процес на залізниці має зміну лінійного характеру, то буде мати місце така рівність:

$$R(X) = \gamma\hat{R}(X), \tag{3.4}$$

де γ – лінійний коефіцієнт зміни відповідного транспортного процесу всієї залізниці.

Сумарні величини апріорного та апостеріорного ризику для окремого об’єкту транспортної системи досліджуваної залізниці A_i визначатимуться за виразами:

$$R(A) = \sum_{i=1}^{N} R(A_i)\,; \tag{3.5}$$

$$\hat{R}(A) = \sum_{i=1}^{N} \hat{R}(A_i)\,; \tag{3.6}$$

а для транспортних засобів на досліджуваній ділянці залізниці B_i:

$$R(B) = \Phi_1\big(R(B_1), R(B_2), \dots, R(B_M)\big); \tag{3.7}$$

$$\hat{R}(B) = \Phi_2\left(\hat{R}(B_1), \hat{R}(B_2), \dots, \hat{R}(B_M)\right), \tag{3.8}$$

де Φ_1, Φ_2 являють собою функції, що визначаються конструкцією транспортних засобів.

Для окремого випадку апостеріорного ризику при наявності значення ймовірності P_j можна записати:

$$\hat{R}(B) = \sum_{j=1}^{M} P_j \cdot \hat{R}\big(B_j\big). \tag{3.9}$$

Окремо можемо записати для величини апостеріорного ризику для поїзду, що рухається на дільниці залізниці, обмеженій деякими пунктами, наступний вираз:

$$\hat{R}(X) = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} F\left(\hat{R}(A_i), \hat{R}\big(B_j\big)\right), \tag{3.10}$$

де F являє собою функцію, що характеризує динаміку взаємодії колії та рухомого складу в транспортному процесі.

Для порівняння величин ризику з метою проведення технічного аудиту (стану безпеки руху) необхідно мати відповідні показники, які можуть бути описані наступним вектором:

$$R = \big(R_{\downarrow}(X), R_{\mathrm{o}}(X), R_{\uparrow}(X)\big), \tag{3.11}$$

де $R_{\downarrow}(X), R_{0}(X), R_{\uparrow}(X)$ – величини апостеріорних, теперішніх і апріорних ризиків (стану безпеки руху) відповідно.

Для проведення технічного аудиту (для визначення стану безпеки руху) при використанні зазначеного вектора встановлюється стан та можливе прогнозування рівня безпеки руху з порівнянням з попереднім або нормативним значенням.

Для векторного показника безпеки руху можна надати деякий окремий опис з набором величин:

$$R = (N_{min}, N, \overline{N}, \alpha), \tag{3.12}$$

де N_{min} – мінімальна кількість відповідних транспортних подій за весь досліджуваний час;

N – кількість відповідних транспортних подій за прийнятий досліджуваний час;

$\overline{N}$ – середня кількість відповідних транспортних подій за весь досліджуваний час;

α – показник зміни відповідних транспортних подій, що характеризує окремий стан безпеки руху.

З даного набору параметрів векторної величини можлива побудова скалярних показників безпеки руху. Наведемо послідовність синтезу даних показників.

Нехай число транспортних подій у транспортному процесі за часовий проміжок (t, τ) за конкретною причиною i (відмови, людський фактор тощо), що відноситься до певної служби «*n*» залізниці, дорівнює:

$$K_{n_i}(t, \tau).$$

Тоді загальна кількість транспортних подій у транспортному процесі певної служби «*n*» залізниці складе:

$$K_n(t,\tau) = \sum_i K_{n_i}(t,\tau), \tag{3.13}$$

а величина загальної кількості транспортних подій за всіма службами залізниці буде визначатися:

$$K(t,\tau) = \sum_n K_n(t,\tau) = \sum_n \sum_i K_{n_i}(t,\tau). \tag{3.14}$$

Введемо відносний параметр:

$$\alpha_n(t,\tau) = \frac{K_n(t,\tau)}{\min\limits_{\Theta} K_n(t,\tau)}, \tag{3.15}$$

де $\Theta \in (t,\tau)$.

У виразі (3.15), замість величини $\min_{\Theta} K_n(t,\tau)$ може бути використаний деякий нормований показник рівня безпеки руху у вигляді прийнятної кількості транспортних подій, що є визначальними для загального рівня безпеки руху.

Кількість транспортних подій за конкретною причиною i (відмови, людський фактор тощо), що відноситься до певної служби «*n*» залізниці за рік (τ) визначається за попередніми формулами, в яких необхідно прийняти, що $t = \tau - 1$.

Також може бути використана наступна величина, яка вказує на зміну кількості транспортних подій:

$$\Delta K_{n_i}(\tau) = K_{n_i}(\tau - 1, \tau) - K_{n_i}(\tau - 2, \tau - 1). \tag{3.16}$$

Для об’єктивної оцінки стану безпеки руху важлива як їх чисельна оцінка за останній рік, так і тенденція зміни їх кількості за останні роки, хоча

питомі ваги кількості інцидентів за більш ранні періоди повинні зменшуватися. Такою оцінкою стану безпеки руху за причинами i (відмови, людський фактор тощо) за τ-ий і $(\tau - k)$-ті роки може бути величина:

$$V_{n_i}(\tau) = \sum_{j=\tau-k} \Delta K_{n_i}(j)\alpha_j, \tag{3.17}$$

де α_j – коефіцієнт, який може бути визначено на основі експоненціальної залежності виду:

$$\alpha_j = e^{-k},$$

де $k = 0, p, 2p, 3p, \ldots$

p – параметр згладжування.

Використовуючи відносний параметр за аналогією з (3.15) для показника зміни відповідних транспортних подій, що характеризує безпеку руху поїздів, будемо мати:

$$\Delta\alpha_{n_i}(t, \tau) = \frac{\Delta K_{n_i}(\tau)}{\min\limits_{\Theta} K_n(t, \tau)}. \tag{3.18}$$

Тоді виразити відносну оцінку безпеки руху можна за допомогою формули:

$$Rr_{n_i}(t, \tau) = \sum_{j=t-k}^{\tau} \Delta\alpha_{n_i}(t, j)\alpha_j. \tag{3.19}$$

Негативне значення параметра $Rr_{n_i}(t,\tau)$ буде свідчити про зменшення обсягу чи кількості транспортних подій у транспортних процесах досліджуваної залізниці.

Показник зміни відповідних транспортних подій, що характеризує безпеку руху за певними службами окремої залізниці буде виражатися за формулою:

$$\Delta\alpha_n(t,\tau) = \frac{\Delta K_n(\tau)}{\min\limits_{\Theta} K_n(t,\tau)}. \tag{3.20}$$

Використовуючи загальну кількість транспортних подій у транспортному процесі, можна надати оцінку безпеки руху за наступною формулою:

$$Rr(t,\tau) = \sum_{j=t-k}^{\tau} \Delta\alpha(t,j)\alpha_j. \tag{3.21}$$

Чим більше величина $Rr(t,\tau)$, тим гірший рівень безпеки руху, оскільки характерним є зростання кількості транспортних подій у транспортних процесах за останні роки.

Також використовуючи вищевикладений підхід, можна надати оцінку стану безпеки руху за величиною матеріальних збитків, що характерні будь-якому транспортному процесу на залізниці. При цьому, наслідком транспортних подій в транспортному процесі на залізниці є перерви руху поїздів, псування транспортних та технічних засобів, які кількісно оцінюються величиною завданих матеріальних збитків та, яку позначимо як:

$$M_{n_i}(m),$$

де m – найменування конкретної транспортної події.

Тоді для проміжку часу (t, τ) сумарна величина матеріального збитку від транспортних подій в транспортному процесі окремої залізниці складатиме:

$$M_{n_i}(t, \tau) = \sum_m M_{n_i}(m). \tag{3.22}$$

Під час визначення рівнів ризиків застосуємо значення ризиків, що використовуються в економічно розвинутих державах та передбачені розпорядженням КМУ від 22 січня 2014 р. № 37-р «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» можемо встановити на рівні $R_{min} = 10^{-8}$, $R_{\text{гр}} = 10^{-5}$.

Оскільки реалізації наведених положень передбачає використання значень апостеріорних $R_{\downarrow}$, теперішніх $R_{\text{о}}$ і апріорних $R_{\uparrow}$ ризиків стану безпеки руху (вираз (3.11)) проводимо визначення цих величин за наступним алгоритмом.

1. Визначаємо досліджуваний період (ДП). Для проведення розрахунків щодо рівнів ризиків, які мали місце в минулому, використовуємо абсолютні показники безпеки руху за відповідний період. Таким чином, у всіх нижче наведених формулах n буде позначати кількість відрізків часу (років).

2. Визначаємо кількість транспортних подій та проводимо інтегральну оцінку безпеки руху (окрема методика).

3. Досліджуємо величину загального ризику R річного та денного ризику для досліджуваного періоду за формулами:

$$R_{\text{р}} = \frac{\sum(N_{\text{К}\,i} + N_{\text{АВ}\,i} + N_{\text{СМ}\,i} + N_{\text{ТР}\,i})}{\sum N_i}, \tag{3.23}$$

$$\bar{R}_{\text{д}} = \frac{\sum(\bar{N}_{\text{К}\,i} + \bar{N}_{\text{АВ}\,i} + \bar{N}_{\text{СМ}\,i} + \bar{N}_{\text{ТР}\,i})}{\sum \bar{N}_{i}}, \tag{3.24}$$

де $N_{\text{К}\,i}, N_{\text{АВ}\,i}, N_{\text{СМ}\,i}, N_{\text{ТР}\,i}$ – кількість катастроф, аварій, смертельних випадків та травмування осіб, що сталося внаслідок транспортної події за досліджуваний період;

$\bar{N}_{\text{К}\,i}, \bar{N}_{\text{АВ}\,i}, \bar{N}_{\text{СМ}\,i}, \bar{N}_{\text{ТР}\,i}$– середня кількість катастроф, аварій, смертельних випадків та травмування осіб, що сталося внаслідок транспортної події за досліджуваний період, що припадає на один день;

N_i – загальна кількість транспортних подій за досліджуваний період;

$\bar{N}_{i}$ – загальна середня кількість транспортних подій за досліджуваний період, що припадає на рік.

Приймаємо $R \downarrow = \bar{R}_{\text{д}}$.

З метою аналізу динаміки рівня ризику визначаємо величину денного ризику $R_{\text{д}i}$ та річного ризику $R_{\text{р}i}$ за кожен відрізок часу (рік), який включено до досліджуваного періоду:

$$R_{\text{р}i} = \frac{N_{\text{К}\,i} + N_{\text{АВ}\,i} + N_{\text{СМ}\,i} + N_{\text{ТР}\,i}}{N_i}, \tag{3.25}$$

$$\bar{R}_{\text{д}i} = \frac{\bar{N}_{\text{К}\,i} + \bar{N}_{\text{АВ}\,i} + \bar{N}_{\text{СМ}\,i} + \bar{N}_{\text{ТР}\,i}}{N_i}, \tag{3.26}$$

де i – відповідний відрізок часу;

$N_{\text{К}\,i}, N_{\text{АВ}\,i}, N_{\text{СМ}\,i}, N_{\text{ТР}\,i}$ – кількість катастроф, аварій, смертельних випадків та травмування осіб, що виникли внаслідок транспортної події впродовж року;

N_i – кількість транспортних подій, що сталися протягом року;

$\overline{N}_{\text{К}\,i}, \overline{N}_{\text{АВ}\,i}, \overline{N}_{\text{СМ}\,i}, \overline{N}_{\text{ТР}\,i}$ – кількість катастроф, аварії, смертельних випадків та травмування осіб, внаслідок транспортної події, що припадає на один день.

Динаміка показників аналізується за допомогою величини відхилення, характерного для кінцевого періоду (року) у порівнянні до початкового, тобто річний приріст R_i:

$$\Delta_{kpi} = \left| R_{pi} - R_{ki} \right|, \tag{3.27}$$

де k – початковий період;

p – кінцевий період.

Визначення теперішніх $R_{\text{о}}$ і апріорних $R_{\uparrow}$ ризиків повинно передбачати використання значення середньозваженого приросту ризику Δ_{Ri} за досліджуваний період та результативного ризику $\overline{\Delta}_i$, тобто наступним кроком є розрахунок цих величин за виразами:

$$\Delta_{Ri} = \frac{\prod_{i=1}^{n} \Delta_i}{\sum_{i=1}^{n} \Delta_i}, \tag{3.28}$$

$$\overline{\Delta}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{\Delta}_i}{n}, \tag{3.29}$$

де Δ_i – значення приросту річного ризику;

$\overline{\Delta}_i$ – значення приросту ризику, що припадає на один день.

4. Далі проводимо розрахунок аналогічних показників з використанням інтегральної оцінки стану безпеки I_{pi} (методика буде наведена нижче) $R\downarrow_{\text{I}}$, $\Delta_{kp\,\text{I}}$, $\Delta_{R\,\text{I}}$, $\overline{\Delta}_{\text{I}}$, наприклад, для ризику минулого періоду буде використано вираз:

$$R\downarrow_{\text{I}}=\frac{\sum(N_{\text{К}\,i}+N_{\text{АВ}\,i}+N_{\text{СМ}\,i}+N_{\text{ТР}\,i})}{\sum I_{\text{рі}}},\tag{3.30}$$

5. Оскільки технічний аудит може бути проведений в будь-який день, його результати мають включати дані незакінченого періоду. Наприклад, процедура проводиться 1 червня 2020 року. Тоді необхідно визначити середні ризики на день проведення аудиту за виразом:

$$\bar{R}_{\text{ДА}}=\frac{\sum(\bar{N}_{\text{К}\,i}^{\text{ДА}}+\bar{N}_{\text{АВ}\,i}^{\text{ДА}}+\bar{N}_{\text{СМ}\,i}^{\text{ДА}}+\bar{N}_{\text{ТР}\,i}^{\text{ДА}})}{\sum N_i^{\text{ДА}}},\tag{3.31}$$

де $\bar{N}_{\text{К}\,i}^{\text{ДА}},\bar{N}_{\text{АВ}\,i}^{\text{ДА}},\bar{N}_{\text{СМ}\,i}^{\text{ДА}},\bar{N}_{\text{ТР}\,i}^{\text{ДА}}$ – кількість катастроф, аварій, смертельних випадків та травмування осіб відповідно, внаслідок транспортної події, які відбулися протягом остатнього досліджуваного періоду на день аудиту, які припадають на один день;

$N_i^{\text{ДА}}$ – кількість транспортних подій, які відбулися протягом остатнього досліджуваного періоду на день аудиту.

Використовуючи отриманий ризик $\bar{R}_{\text{ДА}}$ визначимо середнє значення теперішнього ризику R_0:

$$R_0=\bar{R}+\bar{R}_{\text{ДА}}.\tag{3.32}$$

6. Оскільки здійснення прогнозу ризиків для майбутніх періодів повинно передбачати прогнозування середньої величини ризику, то таке прогнозування буде здійснено за трьома сценаріями.

Для визначення апріорних ризиків $R\uparrow$ за оптимістичним сценарієм визначаємо $\bar{R}_{\text{опт}}$ з подальшим розрахунком R_0 для обраного сценарію:

$$\bar{R}_{\text{опт}}=\frac{\prod_{i=1}^{n}R_i}{\sum_{i=1}^{n}R_i},\tag{3.33}$$

у результаті виконується підстановка отриманого значення у вираз (3.32) і знаходиться значення $R_0^{\text{опт}}$.

З використанням розрахованого $R_0^{\text{опт}}$здійснюємо лінійне прогнозування за оптимістичним, наближено-реальним та песимістичними сценаріями:

$$R\uparrow_{\text{опт}} = R_0^{\text{опт}} + \Delta_R\,, \tag{3.34}$$

$$R\uparrow_{\text{нр}} = R_0^{\text{опт}} + \bar{\Delta}\,, \tag{3.35}$$

Прогнозування величини ризику $R\uparrow_{\text{пс}}$ за песимістичним сценарієм здійснюємо з урахуванням наступного виразу:

$$\bar{R}_{\text{пс}} = \max R\downarrow_n,$$

тобто в якості показника середнього ризику приймаємо значення ризику того року, в якому він досяг найбільшого значення.

У такому випадку, вираз лінійного прогнозування виглядає:

$$R\uparrow_{\text{пс}} = \bar{R}_{\text{пс}} + \bar{\Delta}_{max_i}, \tag{3.36}$$

де $\bar{\Delta}_{max_i}$ – приріст ризику того періоду, в якому він досяг найбільшого значення, що припадає на один день.

Для отримання можливості визначення $R_{\uparrow}$ за наближено-реальним сценарієм знаходимо величину $\bar{R}_{\text{нр}}$ з подальшим визначенням R_0:

$$\bar{R}_{\text{нр}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{R}_i}{n}, \tag{3.37}$$

$\bar{R}_i$– середнє значення ризику, що припадає на один день.

З метою більш широкого охоплення можливих варіантів розвитку подій та їх аналізу доцільно, наряду з лінійним, провести ймовірнісне прогнозування, за тими ж сценаріями:

$$R\uparrow_{\text{опт йм}}=\frac{R_{0\text{ опт}}\Delta_R}{R_{0\text{ опт}}+\Delta_R};\tag{3.38}$$

$$R\uparrow_{\text{нр йм}}=\frac{R_{0\text{ нр}}\bar{\Delta}}{R_{0\text{ нр}}+\bar{\Delta}};\tag{3.39}$$

$$R\uparrow_{\text{пс йм}}=\frac{R_{0\text{ пс}}\Delta_{max_i}/K}{R_{0\text{ пс}}+\Delta_{max_i}/K},\tag{3.40}$$

де K – кількість днів в році.

7. Враховуючи те, що об’єктом технічного аудиту може бути як АТ «Українська залізниця», так і її регіональні філії, господарства, структурні підрозділи, тощо, необхідно провести дослідження ризику окремого об’єкту.

Визначимо величини загального апостеріорного ризику та ризику *i*-го періоду для окремого господарства:

$$R\downarrow_j=D_{R_j}\times R\downarrow;\tag{3.41}$$

$$R\downarrow_{j_i}=D_{R_{j_i}}\times R\downarrow_i,\tag{3.42}$$

де D_{R_j} – частка транспортних подій, що мали місце в окремому господарстві протягом досліджуваного періоду;

$D_{R_{j_i}}$ – частка транспортних подій, що мали місце в окремому господарстві протягом року;

$R\downarrow$ – загальний апостеріорний ризик;

$R\downarrow_i$ – ризик відповідного року;

i – відповідний відрізок часу;

j – відповідне господарство.

Знаходимо значення $D_{R\,j}$ і $D_{R\,j\,i}$:

$$D_{R\,j} = \frac{\sum N_{i\,j}}{\sum N_i}; \tag{3.43}$$

$$D_{R\,j\,i} = \frac{N_{i\,j}}{N_i}, \tag{3.44}$$

де $N_{i\,j}$ – кількість транспортних подій, що виникли у відповідному господарстві протягом відповідного року.

8. Далі виконаємо розрахунок апостеріорних ризиків для окремого господарства, для випадку порушення технології транспортного процесу, відмов технічних і транспортних засобів, обладнання, тощо.

Для цього визначаємо частку транспортних подій окремого господарства, що виникли з причини порушення технології транспортного процесу:

$$D_R^{\text{втл}}{}_j = \frac{\sum N_i^{\text{втл}}{}_j}{\sum N_i^{\text{втл}}}; \tag{3.45}$$

$$D_R^{\text{втл}}{}_{i\,j} = \begin{cases} \dfrac{N_i^{\text{втл}}{}_j}{N_i^{\text{втл}}}, & \text{якщо } N_i^{\text{втл}}{}_j > 0 \\ 1/N_i^{\text{втл}} & \\ \dfrac{}{N_i^{\text{втл}}}, & \text{якщо } N_i^{\text{втл}}{}_j \le 0 \end{cases}, \tag{3.46}$$

де $\sum N_i^{\text{втл}}{}_j$ – загальна кількість порушень технології транспортного процесу, які мали місце протягом досліджуваного періоду та призвели до виникнення транспортної події в окремому господарстві;

$\sum N_i^{\text{втл}}$ – загальна кількість порушень технології транспортного процесу, що виникли протягом досліджуваного періоду.

Аналогічно визначаємо частку транспортних подій окремого господарства, що виникли з причини відмов в роботі технічних і транспортних засобів, обладнання:

$$D_R^{\text{втх}}{}_j = \frac{\sum N_i^{\text{втх}}{}_j}{\sum N_i^{\text{втх}}}; \tag{3.47}$$

$$D_R^{\text{втх}}{}_{ij} = \begin{cases} \dfrac{N_i^{\text{втх}}{}_j}{N_i^{\text{втх}}}, & \text{якщо } N_i^{\text{втх}}{}_j > 0 \\ 1/N_i^{\text{втх}} & \\ \dfrac{}{N_i^{\text{втх}}}, \text{якщо } N_i^{\text{втх}}{}_j \le 0 & \end{cases}. \tag{3.48}$$

Далі розраховуємо величину ризиків, які виникають при порушенні технології транспортного процесу:

$$R\downarrow_j^{\text{втл}} = D_R^{\text{втл}}{}_j \times R\downarrow; \tag{3.49}$$

$$R\downarrow_j^{\text{втл}}{}_i = D_R^{\text{втл}}{}_{ij} \times R\downarrow_i. \tag{3.50}$$

Тоді ризики транспортних подій окремого господарства, що виникли з причин відмов в роботі технічних і транспортних засобів, обладнання визначатимуться як:

$$R\downarrow_j^{\text{втх}} = D_R^{\text{втх}}{}_j \times R\downarrow; \tag{3.51}$$

$$R\downarrow_j^{\text{ВТХ}}{}_i = D_R^{\text{ВТХ}}{}_{ij} \times R\downarrow_i . \quad (3.52)$$

9. Ризики на день аудиту. Частку транспортних подій окремого господарства на день аудиту визначаємо аналогічно частці минулого періоду, при цьому ризик на день аудиту складає:

$$R_{\text{ДА}_j} = D_{R\,\text{ДА}_j} \times R_{\text{ДА}}. \quad (3.53)$$

10. Для розрахунків величини ризиків окремого господарства теперішнього періоду та прогнозних ризиків використовуємо вирази (3.27-3.29), (3.32-3.40).

11. За умови якщо в якості об’єкта технічного аудиту виступає окремий структурний підрозділ (наприклад, станція) необхідно провести розрахунок кількох категорій ризиків. Перелік категорій ризиків, відповідно до розробленої системи, приведено на рис. 3.1.

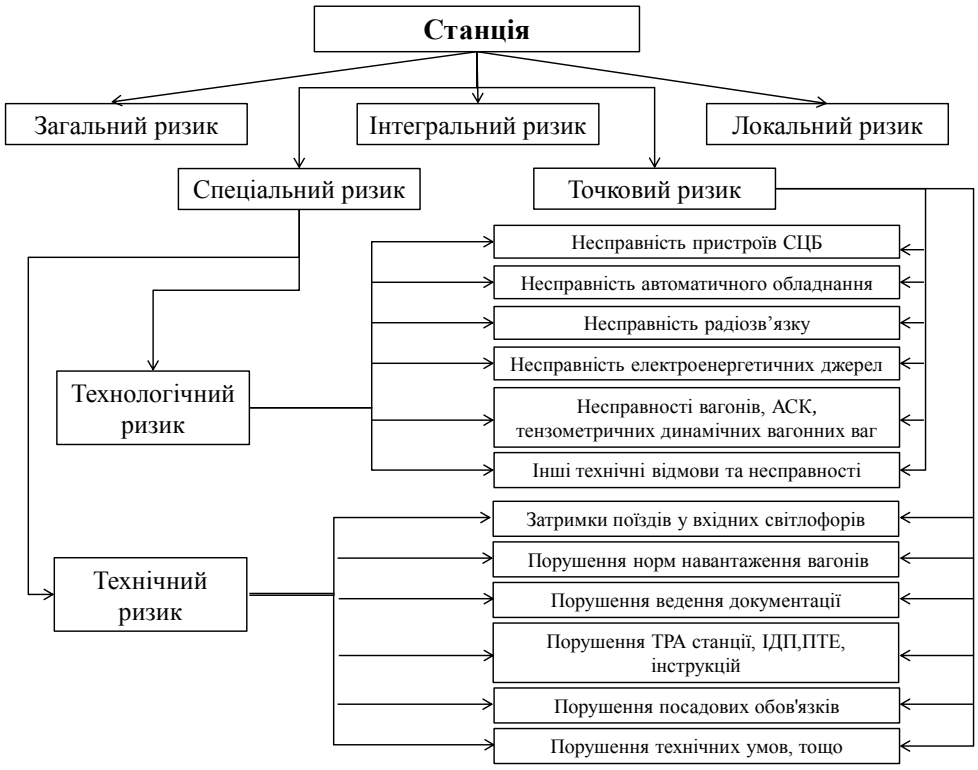


Рис. 3.1. Категорії ризиків станції та їх зміст

Визначимо величини загального апостеріорного ризику та ризику i-го періоду для станції чи іншого підрозділу:

$$R\downarrow_s = D_{R_S} \times R\downarrow_{UZ}, \tag{3.54}$$

$$R\downarrow_{s_i} = D_{R_{S_i}} \times R\downarrow_{UZ_i} \tag{3.55}$$

де D_{R_S} – середньорічна частка порушень безпеки руху, що відбулися на станції;

$R\downarrow_{UZ}$ – загальний ризик минулого періоду по АТ «Українська залізниця»;

$D_{R_{S_i}}$ – частка порушень безпеки руху, що мали місце на станції протягом окремого (i-го) періоду;

$R\downarrow_{UZ_i}$ – ризик минулого окремого (i-го) періоду по АТ «Українська залізниця».

Знаходимо середньорічну кількість порушень безпеки руху, що відбулися на станції:

$$D_{R_S} = \frac{\sum D_{R_{S_i}}}{n}, \tag{3.56}$$

де n – загальна кількість окремих періодів, що входять до досліджуваного.

$$D_{R_{S_i}} = \frac{N_{si}}{\sum N_{si}}, \tag{3.57}$$

де N_{si} – кількість порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом окремого (i-го) періоду;

$\sum N_{si}$ – загальна кількість порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом досліджуваного періоду.

Розрахунок величин ризику на день аудиту, теперішнього періоду та апріорного ризику здійснюємо за раніше наведеними виразами.

Визначення величини інтегрального апостеріорного ризику минулого періоду та інтегрального ризику i-го періоду для станції виконується за виразами:

$$R\downarrow_{s_I} = D_{R_S} \times R\downarrow_{UZ_I}; \tag{3.58}$$

$$R\downarrow_{s_{I_i}} = D_{R_{s_i}} \times R\downarrow_{UZ_{I_i}}, \tag{3.59}$$

де D_{R_S} – середньорічна частка порушень безпеки руху, що відбулися на станції;

$R\downarrow_{UZ_I}$ – загальний інтегральний апостеріорний ризик по АТ «Українська залізниця»

$D_{R_{s_i}}$ – частка порушень безпеки руху, що мали місце на станції протягом окремого i-го періоду;

$R\downarrow_{UZ_I}$ – інтегральний апостеріорний ризик по АТ «Українська залізниця» окремого i-го періоду.

Розрахунок величин ризику на день аудиту, теперішнього періоду та апріорного ризику здійснюємо за виразами, аналогічними при знаходженні загального ризику.

Визначення величин локального апостеріорного ризику та локального ризику i-го періоду окремого господарства (станції) виконується за формулами:

$$R\downarrow_{s_l} = D_{R_S} \times R\downarrow_j; \tag{3.60}$$

$$R\downarrow_{s_{l_i}} = D_{R_{s_i}} \times R\downarrow_{j_i}, \quad (3.61)$$

де $R\downarrow_j$ – загальний ризик минулого періоду окремого господарства.

Розрахунок величин ризику на день аудиту, теперішнього періоду та апріорного ризику здійснюємо за виразами аналогічно загальному ризику.

Величини спеціальних апостеріорних ризиків та спеціальних ризиків *i*-го періоду окремого господарства (станції) визначатимуться:

$$R\downarrow_s^{\text{втл}} = D_{R_s}^{\text{втл}} \times R\downarrow_j^{\text{втл}}; \quad (3.62)$$

$$R\downarrow_s^{\text{втх}} = D_{R_s}^{\text{втх}} \times R\downarrow_j^{\text{втх}}, \quad (3.63)$$

$$R\downarrow_s^{\text{втл}}{}_i = D_{R_s}^{\text{втл}}{}_i \times R\downarrow_j^{\text{втл}}{}_i; \quad (3.64)$$

$$R\downarrow_s^{\text{втх}}{}_i = D_{R_s}^{\text{втх}}{}_i \times R\downarrow_j^{\text{втх}}{}_i; \quad (3.65)$$

де $R\downarrow_j^{\text{втл}}$ – технологічний апостеріорний ризик окремого господарства;

$R\downarrow_j^{\text{втх}}$ – технічний апостеріорний ризик окремого господарства.

$R\downarrow_j^{\text{втл}}{}_i$ – технологічний апостеріорний ризик *i*-го періоду окремого господарства;

$R\downarrow_j^{\text{втх}}{}_i$ – технічний апостеріорний ризик окремого господарства.

Відповідно визначення останніх виконується за виразами:

$$D_{R_s}^{\text{втл}} = \frac{\sum N_i^{\text{втл}}}{\sum N_i}; \quad (3.66)$$

$$D_{R_s}^{\text{втл}}{}_i = \frac{N_i^{\text{втл}}}{N_i}; \quad (3.67)$$

$$D_{R_s}^{\text{ВТХ}} = \frac{\sum N_i^{\text{ВТХ}}}{\sum N_i}; \tag{3.68}$$

$$D_{R_s}{}_i^{\text{ВТХ}} = \frac{N_i^{\text{ВТХ}}}{N_i}, \tag{3.69}$$

де $\sum N_i^{\text{ВТЛ}}$ – загальна кількість порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом досліджуваного періоду з причини порушення технології транспортного процесу.

$N_i^{\text{ВТЛ}}$ – кількість порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом окремого (i-го) періоду з причини порушення технології транспортного процесу;

$\sum N_i^{\text{ВТХ}}$ – загальна кількість порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом досліджуваного періоду з причини порушень в роботі технічних та транспортних засобів, обладнання, тощо;

$N_i^{\text{ВТХ}}$ – кількість порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом окремого (i-го) періоду з причини порушення порушень в роботі технічних та транспортних засобів, обладнання, тощо.

Розрахунок величин ризику на день аудиту, теперішнього періоду та апріорного ризику здійснюємо за виразами аналогічно загальному ризику.

Визначимо величини точкових апостеріорних ризиків та точкових ризиків *i*-го періоду для станції:

$$R\downarrow_s^z = \begin{cases} D_{R_s}{}^z \times R\downarrow_j^{\text{ВТЛ}}, & \text{для технологічних порушень;} \\ D_{R_s}{}^z \times R\downarrow_j^{\text{ВТХ}}, & \text{для технічних відмов,} \end{cases} \tag{3.70}$$

$$R\downarrow_{s_i}^z = \begin{cases} D_{R_{s_i}}{}^z \times R\downarrow_{j_i}^{\text{ВТЛ}}, & \text{для технологічних порушень;} \\ D_{R_{s_i}}{}^z \times R\downarrow_{j_i}^{\text{ВТХ}}, & \text{для технічних відмов,} \end{cases} \tag{3.71}$$

де $D_{R_s}{}^z$ – частка окремих порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом досліджуваного періоду;

$D_{R_{S_i}}^{z}$ – частка окремих порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом окремого (i-го) періоду.

Останні визначатимуться як:

$$D_{R_S}^{z} = \begin{cases} \dfrac{\sum N^{z}}{N^{\text{втл}}}, & \text{для технологічних порушень;} \\ \dfrac{\sum N^{z}}{N^{\text{втх}}}, & \text{для технічних відмов,} \end{cases} \tag{3.72}$$

$$D_{R_{S_i}}^{z} = \begin{cases} \dfrac{N_i^{z}}{N_i^{\text{втл}}}, & \text{для технологічних порушень;} \\ \dfrac{N_i^{z}}{N_i^{\text{втх}}}, & \text{для технічних відмов,} \end{cases} \tag{3.73}$$

де $\sum N^{z}$ – загальна кількість окремих порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом досліджуваного періоду;

N_i^{z} – кількість окремих порушень безпеки руху, що відбулися на станції протягом окремого (i-го) періоду.

Таким чином, розроблена математична модель оцінки ризиків за апріорними, апостеріорними значеннями та інтегральною оцінкою, дозволяє визначати ризики, передбачені у розробленій системі при зовнішньому контролі безпеки руху на залізничному транспорті під час технічного аудиту.

3.2 Інтегральна оцінка стану безпеки руху в процесі здійснення зовнішнього контролю

Стан безпеки руху на залізницях України прийнято оцінювати числом транспортних подій, відповідно до класифікації 2017 року, до таких відносяться катастрофи, аварії, інциденти.

На основі використання класифікації транспортних подій як порушення безпеки руху поїздів можна надати оцінку загального стану її рівня з розробленням та впровадженням заходів, направлених на усунення можливих передумов чи зменшення ризику їх виникнення для транспортних подій, що вже відбулися.

Інтегральну оцінку ризиків або рівня безпеки руху можна здійснити при використанні вагових коефіцієнтів до кожного виду транспортної події, а також, використовуючи дані про кількість наявних порушень безпеки руху відповідно до встановленої класифікації та їх сукупними показниками, наприклад, величиною матеріальних збитків залізниці, кількістю жертв або постраждалих, кількістю відмов, нанесенням шкоди навколишньому середовищу.

Оскільки транспортні події на залізничному транспорті, які класифіковано на: катастрофи, аварії, інциденти мають нерівноцінну значущість, як за ступенем небезпеки, так і тяжкістю можливих наслідків, то їх звичайне додавання показує загальну кількість транспортних подій та не надає загальної картини стану безпеки руху на залізницях. Тому, для представлення адекватної картини про стан безпеки руху необхідно для кожного виду транспортної події використовувати вагові коефіцієнти, які будуть пропорційними впливу негативних наслідків катастроф, аварій, інцидентів, що характеризуватимуть стан порушення безпеки руху поїздів на залізницях.

Представимо дане твердження у вигляді наступного виразу, що буде являти собою інтегральну оцінку безпеки руху поїздів на залізницях:

$$I = \alpha_{\text{к}} N_{\text{к}} + \alpha_{\text{а}} N_{\text{а}} + \alpha_{\text{і}} N_{\text{і}}, \qquad (3.74)$$

де $\alpha_{\text{к}}, \alpha_{\text{а}}, \alpha_{\text{і}}$ – вагові коефіцієнти транспортних подій: катастроф, аварій, інцидентів відповідно;

$N_к, N_а, N_і$ – кількість транспортних подій: катастроф, аварій, інцидентів відповідно.

Технічний аудит не може відбуватися без комплексної оцінки рівня безпеки руху або ризику, що супроводжується також розвитком в системі обліку та аналізу загального рівня безпеки руху. На даний момент часу при проведенні технічного аудиту кількісну оцінку безпеки руху можна характеризувати числом транспортних подій або питомим показником транспортних подій, віднесених до одиниці виконаної роботи залізничним транспортом. Однак, при технічному аудиті, така оцінка не дає можливості виконувати облік усіх категорій показників, що характеризують рівень безпеки руху. Так, наприклад, не враховується кількість відмов, порушення технологічного процесу виконання робіт, людського фактору під час управління рухом поїздів, що є першопричиною виникнення транспортних подій – аварій і катастроф. Крім того, в комплексній оцінці безпеки руху поїздів повинні бути враховані фінансові втрати при настанні транспортних подій, такі як матеріальні збитки, що виникають при порушеннях безпеки руху.

Формування такої комплексної оцінки можливе на основі методів непараметричної статистики, за допомогою якої, деякі характерні різноманітні показники зводяться до однієї одиниці виміру, щоб надати інтегральну оцінку ризиків або стану безпеки руху.

Проведення оцінки вимагає визначення рівня значущості або величину впливу показника [63]. Для цього може бути застосовано метод експертних оцінок з ранжируванням. Спеціалістам запропоновано ранжирувати всі показники за наступними критеріями:

- шкода життю та здоров’ю людини;
- шкода навколишньому середовищу;
- фінансові витрати на ліквідацію наслідків;
- прямі збитки від пошкодження основних засобів;
- частота виникнення фактору.

Оскільки дані ранжирування будуть використані для установлення значущості показника при проведені подальших розрахунків, застосовано шкалу цифрових значень від 1 до 4, де число 1 відповідає першому місцю в черзі та присвоюється показнику, який має найменшу суму за критеріями оцінки.

Враховуючи те, що деякі з обраних показників можна розглядати як події, що фактично відбулися, тобто мали місце в певний період часу і в певному місці, для адекватності проведення розрахунків визначимо можливість переходу інших показників в категорію обраних подій [63]. Для цього визначимо ймовірність переходу:

$$P = \frac{A}{A + k}, \tag{3.75}$$

де A – кількість транспортних подій;

k – кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху.

Для визначення кількості порушень, які могли перейти в категорію реальних транспортних подій застосуємо формулу:

$$N = k \times P. \tag{3.76}$$

Оскільки проводиться аналіз стану безпеки руху за декілька років, то виконаємо визначення кількості рівнів з використанням формули Стерджеса [63, 103, 110]:

$$n = 1 + 3{,}322 \cdot lgT, \tag{3.77}$$

де T – аналізований період часу.

Діапазон необхідного інтервалу відповідно до [110] визначається за формулою:

$$h_i = \frac{x_i^{max} - x_i^{min}}{n}, \tag{3.78}$$

де x_i^{max}, x_i^{min} – максимальне і мінімальне значення i-го показника стану безпеки руху поїздів відповідно.

Прийнято вважати, що інтегральному показнику характерна деяка лінійна комбінація відповідних встановлених рівнів показників безпеки руху [110], яку можна записати наступним чином:

$$I_{\text{р}} = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n = \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i, \tag{3.79}$$

β_i – вагові коефіцієнти рівня для відповідного i-го показника безпеки руху, причому $\sum_{i=1}^{n} \beta_i = 1$;

n – кількість досліджуваних показників безпеки руху.

Кожний показник x_i характеризується відповідною оцінкою значущості, яка визначається ранжуванням за спаданням (для прийнятих і розглянутих показників $x_1 > x_2 > x_3 > x_4$), з наступним визначенням вагових коефіцієнтів β_i.

Вагові коефіцієнти β_i можуть бути визначені за допомогою шкали Фішберна:

$$\beta_i = \frac{2(k - i + 1)}{k(k + 1)}, \tag{3.80}$$

де k – прийнята кількість показників.

Застосування виразів (3.75)-(3.80) дозволяє провести інтегральну оцінку безпеки руху та використати отримані значення показника при розрахунку значення інтегрального ризику (вираз (3.30)).

3.3 Математична модель для визначення та прогнозування поля потенційної та критичної небезпеки

Оскільки під час визначення ризиків встановлено їх мінімальне та граничне значення на рівні $R_{min} = 10^{-8}$, $R_{\text{гр}} = 10^{-5}$, то використовуючи ці дані, можна міркувати наступне.

Існуючі мінімальне та граничне значення ризику надають інтервал їх допустимого рівня $10^{-8} \dots 10^{-5}$, в якому повинно спостерігатись стійка картина стану безпеки руху. Але, під час проведення технічного аудиту транспортних процесів, необхідним є встановлення поля потенційної небезпеки для конкретного об'єкту. У зв'язку з цим, допустимо, що існує неперервна величина ризику в довільному інтервалі, яка може бути описана залежністю:

$$R = R(x), \tag{3.81}$$

де $R(x)$ – функція зміни величини ризику.

Тоді, для визначення поля потенційної небезпеки на інтервалі часу $[a,\ b]$ може бути застосовано наступний вираз:

$$\Omega = \int_a^b (R_{\text{гр}} - R(x) - R_{min})dx\,,\ \text{якщо}\ \ R_{\text{гр}} \geq R. \tag{3.82}$$

Якщо розглянути випадок, коли $R_{\text{гр}} < R$ на інтервалі часу $[a,\ b]$, то отримаємо поле критичної (недопустимої) небезпеки, яке визначається за виразом:

$$\Omega = \int_a^b (R(x) - R_{\text{гр}})dx\,,\ \text{якщо}\ \ R_{\text{гр}} < R. \tag{3.83}$$

Використовуючи вирази (3.82)-(3.83), можна надати оцінку безпеки руху у вигляді потенційного чи критичного поля небезпеки, відповідно до значень якого повинні бути визначенні заходи або невідкладні дії щодо поліпшення ситуації, що існує чи прогнозується для безпеки руху при зовнішньому контролі.

3.4 Удосконалення експлуатаційної моделі управління ризиками

Забезпечення високого рівня безпеки перевізного процесу на залізничному транспорті є обов'язковою умовою для підтримки іміджу суспільства, і підвищення ефективності функціонування залізниць. Для цього необхідно розвивати систему підтримки прийняття рішень в області фінансування об'єктів транспортної системи. Адресне інвестування дозволяє своєчасно виключати збої в роботі технічних засобів, що підвищує ритмічність і безперебійність залізничних перевезень. Для цього необхідне створення стратегічної моделі прогнозування експлуатаційних ризиків або рівня безпеки руху з використанням сучасних математичних методів і алгоритмів [109]. Одним з найбільш поширених інструментів прогнозу є побудова множинної лінійної регресії з подальшим аналізом впливу змінних моделі на кінцевий результат (число випадків порушень безпеки руху).

У вітчизняній практиці аналізу небезпеки та оцінки ризиків широко застосовується перелік методик, а саме: «Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті» затверджена спільним наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Міністерства аграрної політики України, Міністерства економіки України та Міністерства екології та природних ресурсів України від 27.03.2001 р № 73/82 / 64/122; «Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів

підвищеної небезпеки» затверджена наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 4.12.2002 р № 637; «Методика оцінки збитків від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» затверджена Постановою КМУ від 15.02.2002 р № 175 та ін. [90]. Однак, жодна з цих методик не містить методичного забезпечення організації виявлення, оцінки та управління ризиками.

Поширеними засобом вирішення завдань прогнозування безперервної величини Y за змінними $X_1, \dots, X_n$, є використання методу множинної лінійної регресії. В даному методі зв'язок Y зі змінними $X_1, \dots, X_n$ задається за допомогою лінійної моделі у вигляді:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \cdots + a_n \cdot X_n + \varepsilon, \qquad (3.84)$$

де $a_0, a_1, \cdots, a_n$ – коефіцієнти регресійної моделі;

ε – випадкова величина, що є помилкою прогнозування.

Параметри рівняння множинної регресії можуть бути визначені за допомогою методу найменших квадратів, при яких мінімізується сума квадратів відхилень емпіричних (фактичних) значень результативної ознаки від теоретичних, отриманих за обраним рівнянням регресії [7], тобто:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_{1i} - a_2 \cdot X_{2i} - \cdots - a_n \cdot X_{ni})^2 \Rightarrow \min, \qquad (3.85)$$

де Y_i – фактичні значення прогнозованих величин;

$\hat{Y}_i$ – прогнозоване значення.

Вихідними даними для прогнозування кількості порушень безпеки перевізного процесу на залізницях України можуть бути наступні показники:

- продуктивність праці – Р;
- інвестиційні вкладення в модернізацію залізниць – ІВ.

- експлуатаційні витрати на утримання об'єктів залізничного транспорту – Е.

При моделюванні числа випадків порушень безпеки руху на мережі АТ «Українська залізниця» приймемо рівною нулю значення постійної складової. При цьому дана дія призводить до порушення однієї з умов Гауса-Маркова (про рівність нулю математичного сподівання випадкового члена). Однак при рівності нулю в утвореній моделі чинників у такій моделі призводить до нульового значення кількості порушень безпеки руху. При наявності постійної складової число порушень буде прирівнюватися до значення постійного члена, що не відповідає об'єктивній реальності.

Оскільки використовується метод множинної лінійної регресії, лінійна регресійна модель стану безпеки руху прийме наступний вигляд:

$$N = a_1 \cdot П + a_2 \cdot IB + a_3 \cdot E, \tag{3.86}$$

де a_1, a_2, a_3 – регресійні коефіцієнти.

Для оцінки якості отриманої моделі можна використати множинний коефіцієнт кореляції. У зв'язку з тим, що постійна складова моделі прийнята рівною нулю [7], нецентрований коефіцієнт детермінації може бути обрахований за формулою:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (N_i - \hat{N}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} N_i^{\,2}}, \tag{3.87}$$

де N_i – фактична кількість транспортних подій;

$\hat{N}_i$ – розрахункова кількість транспортних подій, отримана у відповідності з рівнянням регресії.

Таким чином, шляхом збільшення факторів впливу удосконалено експлуатаційну модель управління ризиками, яка дозволить здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху (транспортних подій) на необхідний період, а при варіюванні показників продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат здійснювати управління ризиками при зовнішньому контролі.

3.5 Висновки до розділу III

У результаті теоретичного дослідження формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті розроблено математичну модель, яка для поточного стану безпеки руху в конкретний момент часу включає апостеріорний ризик на певному досліджуваному інтервалі спостережень, а для прогнозування стану безпеки руху – апріорний ризик. Статистичні дані стану безпеки руху конкретного підрозділу, дільниці або всієї залізниці у відповідний досліджуваний період виступають основою для визначення апостеріорного ризику, який характеризуватиме рівень втрат відповідної досліджуваної транспортної системи. Оброблені статистичні дані для найбільш значущих досліджуваних періодів спостережень за безпекою руху по всій залізниці або її окремої частини є основою для апріорного ризику транспортних процесів. Відносна оцінка безпеки руху за кількістю транспортних подій показала, що апостеріорний ризик транспортних процесів на прикладі АТ «Українські залізниці» характеризує реальний стан безпеки руху за досліджуваний період. При прогнозуванні апріорного ризику на окремому інтервалі часу може спостерігатись розбіжність значень відносної оцінки безпеки руху за кількістю транспортних подій. При використанні річної тенденції зміни відносної оцінки безпеки руху може спостерігатися більший збіг значень апріорного ризику, ніж при використанні дворічної тенденції. Математична модель дозволяє розрахувати

значення апостеріорних, теперішніх і апріорних ризиків безпеки руху, які використовуються при проведенні технічного аудиту для зовнішнього контролю.

Також введено поняття та отримана математична модель поля потенційної (критичної) небезпеки, використовуючи яку може бути надана оцінка безпеки руху при зовнішньому контролі та визначені заходи або невідкладні дії щодо поліпшення ситуації з безпеки руху.

В методиці проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю передбачено використання інтегральної оцінки і експлуатаційної моделі управління ризиками. Інтегральна оцінка стану безпеки руху поїздів в умовах АТ «Українські залізниці» являє собою комплексну величину, яка призначена для оцінювання загального рівня безпеки руху під час проведення технічного аудиту та визначення значення інтегрального ризику.

Експлуатаційна модель управління ризиками дозволяє здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху (транспортних подій) на необхідний період, а при варіюванні показниками продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат здійснювати управління ризиками.

РОЗДІЛ IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО КОНТРОЛЮ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Враховуючи вищенаведені результати теоретичних досліджень, задачею розділу є побудова алгоритму проведення технічного аудиту з описанням його етапів та проведення експериментальних досліджень практичного застосування сформованих методів зовнішнього контролю на залізничному транспорті.

4.1 Алгоритм проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті

Загальну послідовність методики проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті представимо у вигляді блок-схеми на рис. 4.1.

Згідно розробленої методики першим етапом проведення технічного аудиту є визначення вихідних даних. Зміст етапу полягає у зборі, попередній обробці та визначені основних показників, що будуть використовуватися при проведені аудиту.

За результатами реалізації етапу мають бути виконані наступні завдання:

- збір та вивчення інформації про специфіку діяльності об’єкта технічного аудиту;

- попередній аналіз документації, що висвітлює стан безпеки руху підвідомчої об’єкту області;

- визначення періоду, за який доцільно провести аналіз;

- формування вибірки основних показників, які характеризують стан безпеки;

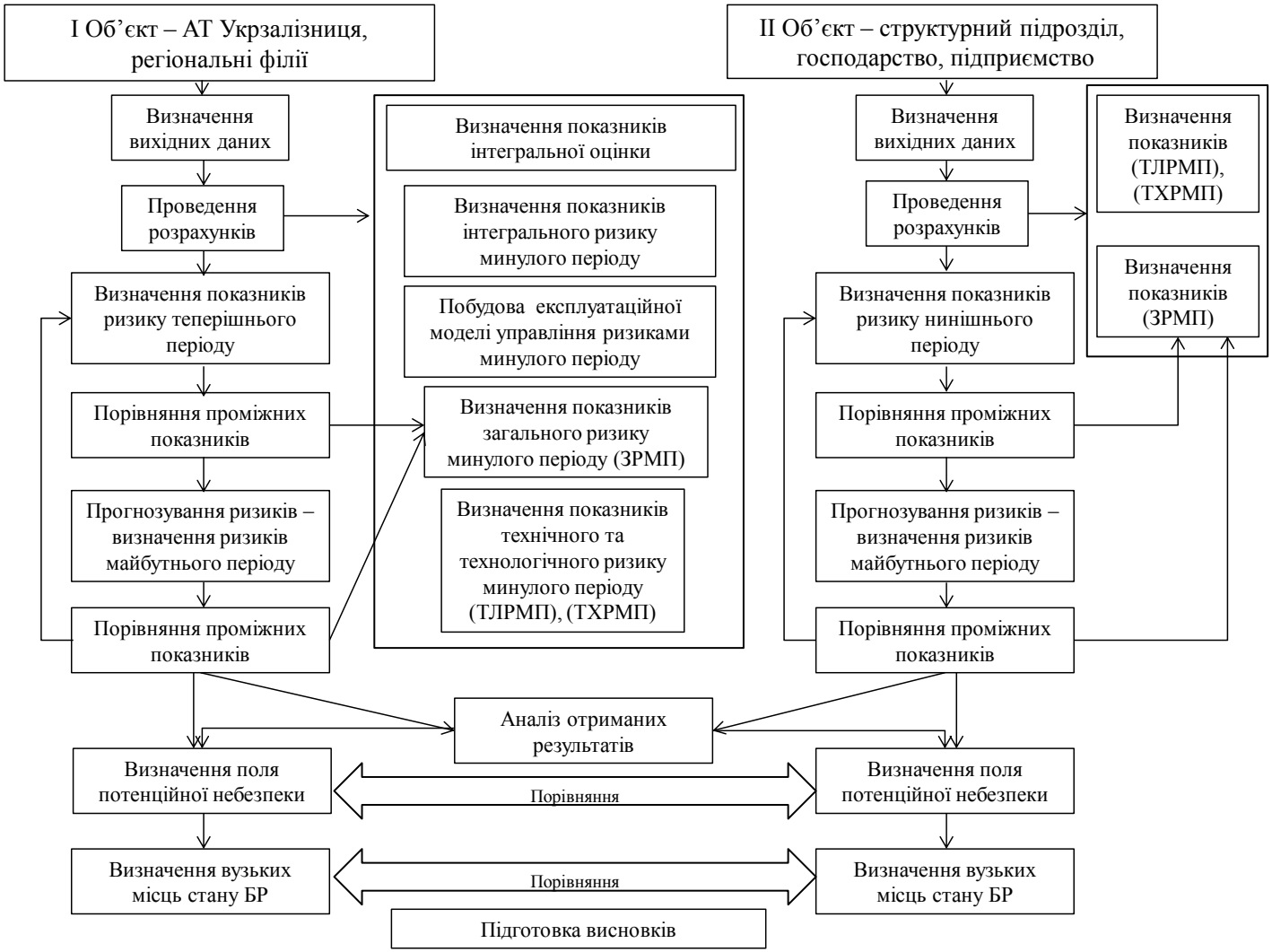


Рис. 4.1. Загальна послідовність методики проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті

- визначення переліку додаткових показників, які можуть впливати на стан безпеки та оцінка можливості їх використання.

Наступний етап технічного аудиту полягає в проведені розрахунків показників, за якими буде проведено загальну та інтегральну оцінку стану безпеки руху минулого періоду.

На цьому етапі виконуються наступні кроки:

- проводиться інтегральна оцінка стану безпеки руху, згідно алгоритму приведеному на рис. 4.2;

- здійснюється розрахунок показників інтегрального апостеріорного ризику;

- визначаються показники загального апостеріорного ризику;

- проводиться розрахунок показників технічного та технологічного апостеріорного ризику;

- будується експлуатаційна модель управління ризиками.

Наступним етапом технічного аудиту є визначення ризиків нинішнього періоду, тобто ризиків, які існують на момент проведення технічного аудиту. Отримані результати відкривають можливості для початкового формування висновків, оскільки повинні бути порівняні з апостеріорними ризиками та можуть бути представлені замовнику технічного аудиту як проміжний результат.

Під час прогнозування ризиків проводиться визначення апріорних ризиків з подальшим порівнянням з попередніми показниками. Цей етап є заключним в процесі проведення розрахунків та створює передумови для логічного переходу до процесу аналітики.

Після здійснення аналізу отриманих результатів проводиться розрахунок та побудова поля потенційної небезпеки.

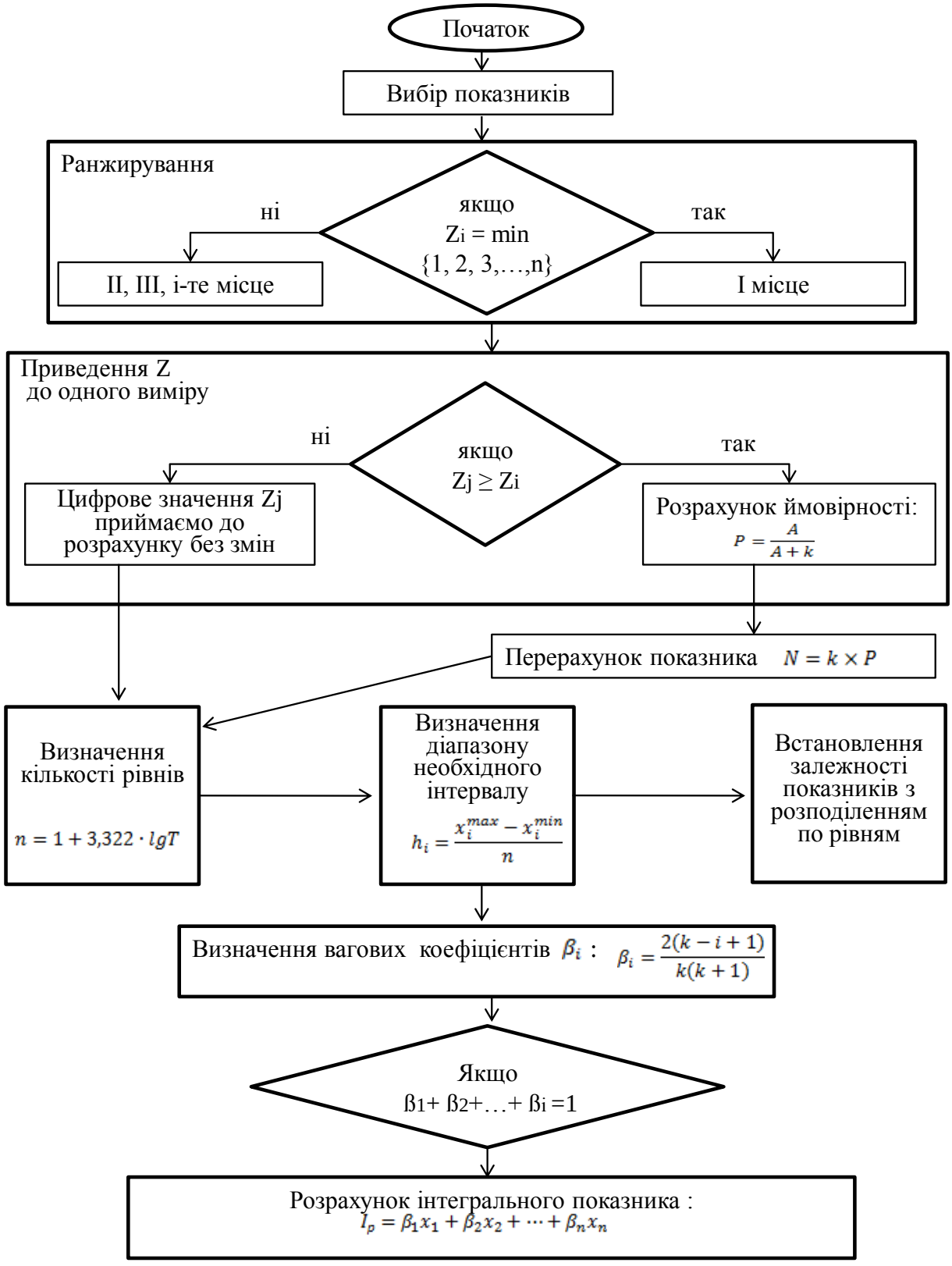


Рис. 4.2. Алгоритм проведення інтегральної оцінки стану безпеки руху при зовнішньому контролі

На основі отриманих результатів формується перелік вузьких місць об’єкта чи місць, що відповідають найбільшому ступеню ризику, для можливості розробки плану заходів впливу на «вузькі» місця.

Враховуючи те, що об’єктом технічного аудиту може бути як АТ «Українська залізниця», так і її регіональні філії, господарства, структурні підрозділи, тощо, то етапи розрахунків ризиків є подібними.

4.2 Результати експериментальних досліджень практичного застосування методів зовнішнього контролю

4.2.1 Інтегральна оцінка безпеки руху

Для здійснення інтегральної оцінки ризиків або рівня безпеки руху застосуємо вагові коефіцієнти, а саме матеріальні збитки при порушенні безпеки руху поїздів на залізницях. Відповідно до статистичних даних, середня вартість збитків від однієї транспортної події в АТ «Українська залізниця» за 2015-2017 рр., а саме інциденту, складає 7,01 тис. грн., аварії – 122,43 тис. грн., катастрофи – 3060,6 тис. грн.

Тоді, прийнявши за одиницю середнє значення матеріальних збитків для інцидентів ($\alpha_{\text{і}} = 1$), знайдемо інші вагові коефіцієнти $\alpha_{\text{к}}, \alpha_{\text{а}}$, які, виходячи з цього, будуть мати такі значення: $\alpha_{\text{к}} = 436{,}6;\ \alpha_{\text{а}} = 17{,}46$.

Тоді, вираз (3.74) для наведених значень вагових коефіцієнтів, прийме наступний вигляд:

$$I = 436{,}6N_{\text{к}} + 17{,}46N_{\text{а}} + N_{\text{і}}. \qquad (4.1)$$

Приведемо на рис. 4.3 загальну кількість транспортних подій за 2015-2017 рр. та інтегральну оцінку безпеки руху в АТ «Українська залізниця», що розрахована за виразом (4.1).

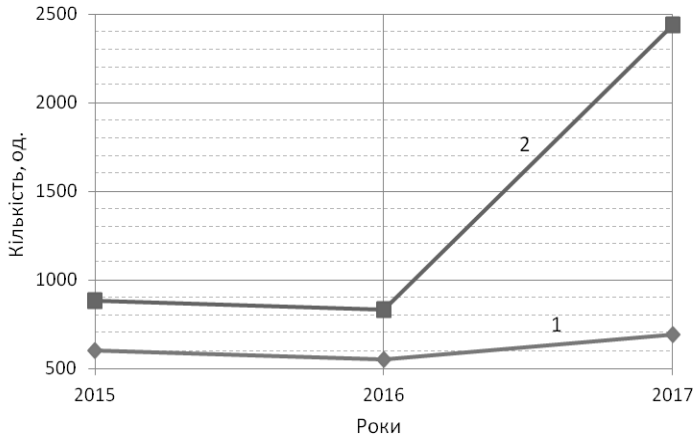


Рис. 4.3. Стан безпеки руху поїздів в АТ «Українська залізниця» у 2015-2017 рр.: 1 – за загальною кількістю транспортних подій; 2 – інтегральна оцінка безпеки руху, що розрахована за виразом (4.1)

На основі методів непараметричної статистики приведемо до однієї одиниці виміру показники безпеки руху, щоб надати інтегральну оцінку ризиків або стану безпеки руху.

Вихідні дані показників безпеки руху в АТ «Українська залізниця» за 2006-2016 рр. для визначення інтегральної оцінки наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні показники безпеки руху в АТ «Українська залізниця» за 2006-2016 рр.

Рік	Матеріальний збиток від порушень безпеки руху поїздів, тис. грн.	Кількість порушень безпеки руху поїздів	Кількість відмов технічних засобів, од/млн. ткм
	x_1	x_2	x_3
2006	1229,58	891	30
2007	11601	882	28
2008	1011	852	28
2009	2534	820	34
2010	1650	818	31
2011	1412	766	26
2012	2152	764	27
2013	2015	718	27
2014	6025	673	28
2015	3264	602	23
2016	24649	550	22

За виразом (3.77) визначимо кількість рівнів:

$n = 1 + 3{,}22lg11 = 4{,}3.$

Кількість рівнів округляємо і приймаємо $n = 4$. Для всіх наведених показників в табл. 4.1 період часу однаковий, у зв'язку з чим, кількість груп також буде однакова.

Визначимо діапазон потрібного інтервалу за (3.78) та виконаємо розрахунок діапазонів всіх інтервалів досліджуваних показників безпеки руху, а результати наведемо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Діапазони інтервалів досліджуваних показників безпеки руху

h_1	h_2	h_3
5909,5	85,25	3

Визначивши діапазони інтервалів досліджуваних показників безпеки руху, побудуємо залежність збитку по рокам з розподіленням по рівням. Результати наведені на рис. 4.4.

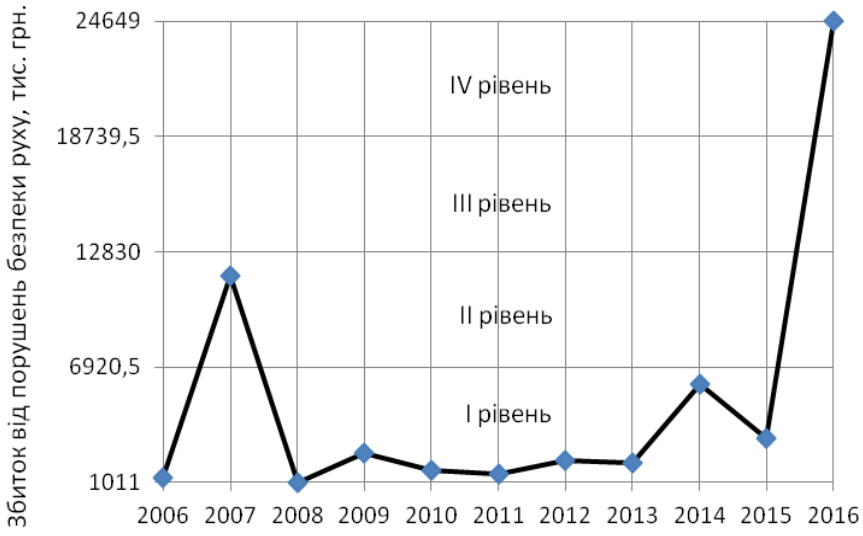


Рис. 4.4. Залежність матеріального збитку від порушень безпеки руху в АТ «Українська залізниця» по рокам з розподіленням по рівням

Також побудуємо залежність кількості порушень безпеки руху по рокам з розподіленням по рівням, результати якої приведемо на рис. 4.5 та залежність кількості відмов технічних засобів (рис. 4.6).

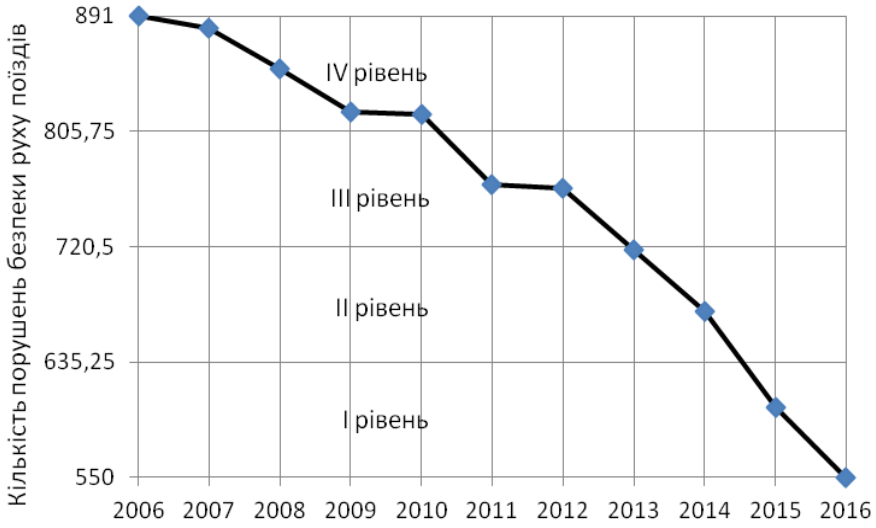


Рис. 4.5. Залежність кількості порушень безпеки руху поїздів в АТ «Українська залізниця» по рокам з розподіленням по рівням

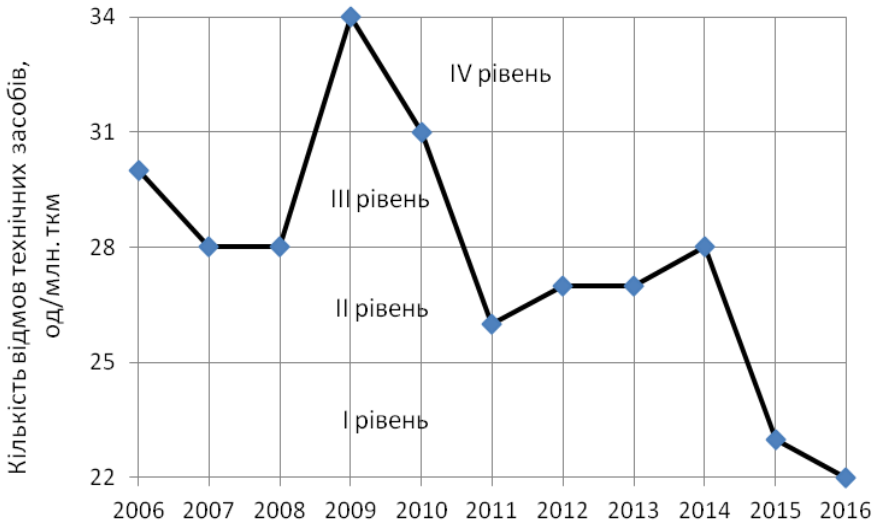


Рис. 4.6. Залежність кількості відмов технічних засобів в АТ «Українська залізниця» по рокам з розподіленням по рівням

Для встановлення єдиного значення показника безпеки руху в АТ «Українська залізниця» використаємо принцип критерію мінімуму його дисперсії, урахувавши при цьому коефіцієнти ваги для всіх, наведених в табл. 4.1, показників для виконання інтегральної оцінки при проведенні

технічного аудиту. Відповідно до наведеного в п. 3.3 виразу (3.80), вагові коефіцієнти для обмежених рівнів трьох параметрів дорівнюватимуть: $\beta_1 = 0{,}5;\ \beta_2 = 0{,}33;\ \beta_3 = 0{,}17$.

За отриманими даними про рівні досліджуваних показників безпеки руху в АТ «Українська залізниця» (рис. 4.4-4.6) і розраховані значення вагових коефіцієнтів виконаємо обчислення інтегральної оцінки ризику або комплексного показника стану безпеки руху з використанням формули (3.79). Результати у порівнянні з загальною кількістю транспортних подій в АТ «Українська залізниця» приведені на рис. 4.7.

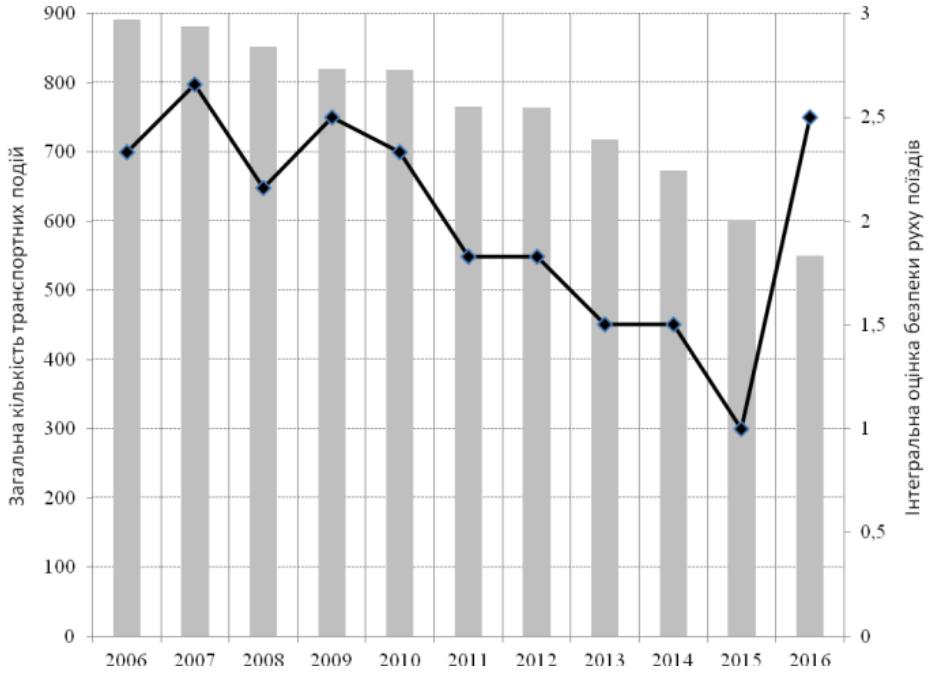


Рис. 4.7. Залежність інтегральної оцінки комплексного показника стану безпеки руху поїздів у порівнянні з загальною кількістю транспортних подій в АТ «Українська залізниця»

Для перевірки універсальності розглянутого підходу оберемо показники, які не використовуються АТ «Українська залізниця» для аналізу стану безпеки руху, а саме: кількість транспортних подій на які не нараховані збитки, кількість транспортних подій на які нараховані збитки, кількість

нещасних випадків на виробництві та кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху.

Проведення подальшої оцінки вимагає визначення рівня значущості або величину впливу показника. Для цього застосовано метод експертних оцінок з ранжируванням. Результати ранжирування приведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати ранжирування показників за критеріями оцінки

Критерії оцінки	Кількість транспортних подій, на які не нараховані збитки	Кількість транспортних подій, на які нараховані збитки	Кількість нещасних випадків на виробництві	Кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху
Шкода життю та здоров'ю людини	3	2	1	4
Шкода навколишньому середовищу	2	1	4	3
Фінансові витрати ліквідацію наслідків дії показника	3	2	1	4
Збитки від пошкодження основних засобів	4	1	2	3
Частота виникнення	2	3	4	1
Сума значень	14	9	12	15
Порядковий номер для проведення подальших розрахунків	3	1	2	4

Враховуючи те, що три з обраних показників можна розглядати як події, що фактично відбулися, тобто мали місце в певний період часу і в певному місці, для адекватності проведення розрахунків визначимо можливість переводу четвертого показника в категорію обраних подій за виразами (3.75)-(3.76).

В таблиці 4.4 приведені вихідні дані показників АТ «Українська залізниця» за 2015-2018 рр., що будуть використані для подальших розрахунків.

Виконаємо визначення кількості рівнів $n = 1 + 3{,}322 \cdot lg5 = 3{,}32$.

Кількість рівнів приймаємо рівним $n = 3$. Для всіх наведених показників в табл. 4.4 період часу однаковий, у зв'язку з чим, кількість груп також буде однакова. Виконаємо розрахунок діапазонів всіх інтервалів показників безпеки руху, що досліджуються, за наведеною формулою (3.78), а результати наведемо в табл. 4.5.

Таблиця 4.4 – Вихідні показники безпеки руху в АТ «Українська залізниця» за 2015-2019 рр.

Рік	Кількість транспортних подій, на які нараховані збитки, од.	Кількість нещасних випадків на виробництві, од.	Кількість транспортних подій, на які не нараховані збитки, од.	Кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху (визначено за (3.75) і (3.76)), од.
	x_1	x_2	x_3	x_4
2015	180	69	422	600
2016	144	71	406	549
2017	178	79	363	540
2018	192	61	289	480
2019	201	65	276	476

Таблиця 4.5 – Діапазони інтервалів показників безпеки руху, що досліджуються

h_1	h_2	h_3	h_4
19,00	6,00	48,67	41,33

Визначивши діапазони інтервалів показників безпеки руху поїздів, що досліджуються, побудуємо залежності показників по рокам з розподіленням по рівням. Результати наведені на рис. 4.8-4.11.

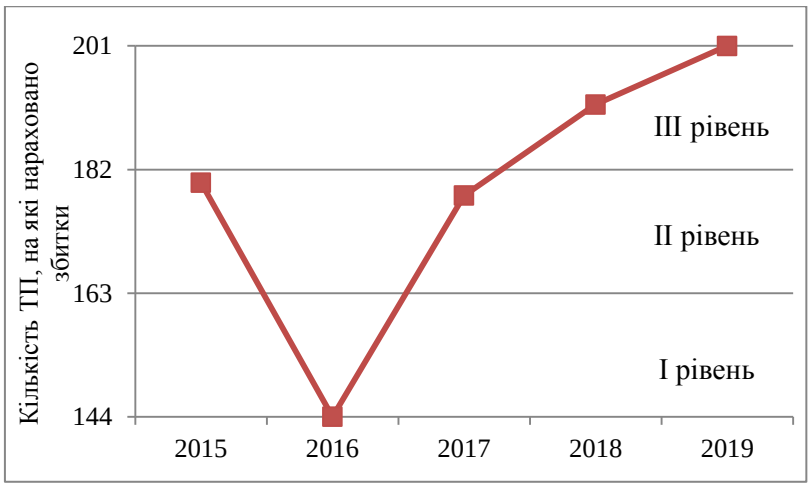


Рис. 4.8. Залежність кількості транспортних подій, на які нараховані збитки в АТ «Українська залізниця» по рокам з розподіленням за рівнями

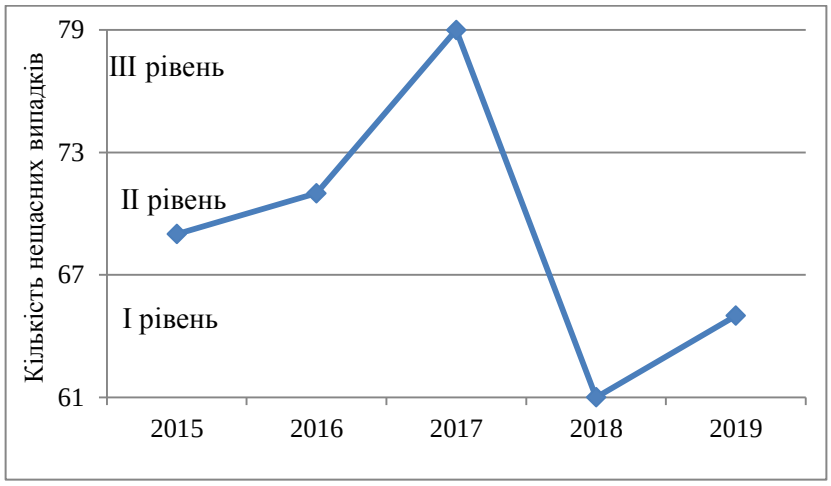


Рис. 4.9. Залежність кількості нещасних випадків в АТ «Українська залізниця» по рокам з розподіленням за рівнями

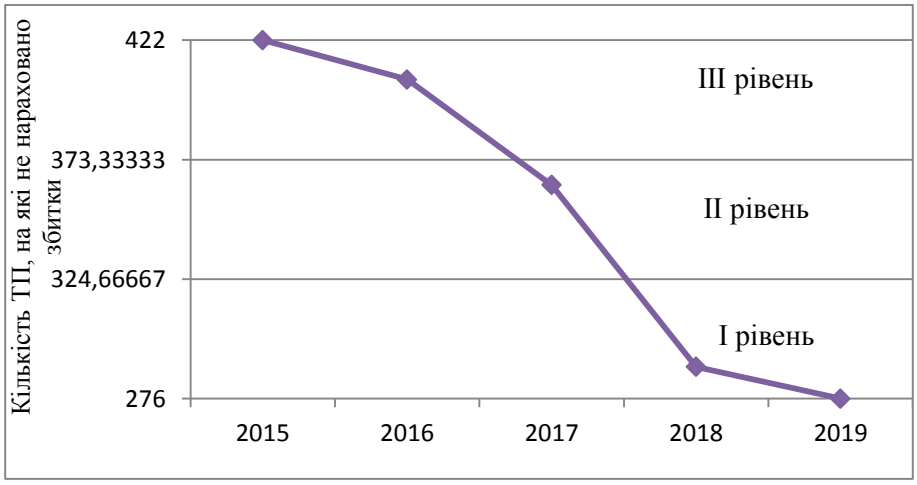


Рис. 4.10. Залежність кількості транспортних подій по рокам, що сталися в АТ «Українська залізниця», але до фінансових збитків не призвели, з розподіленням за рівнями

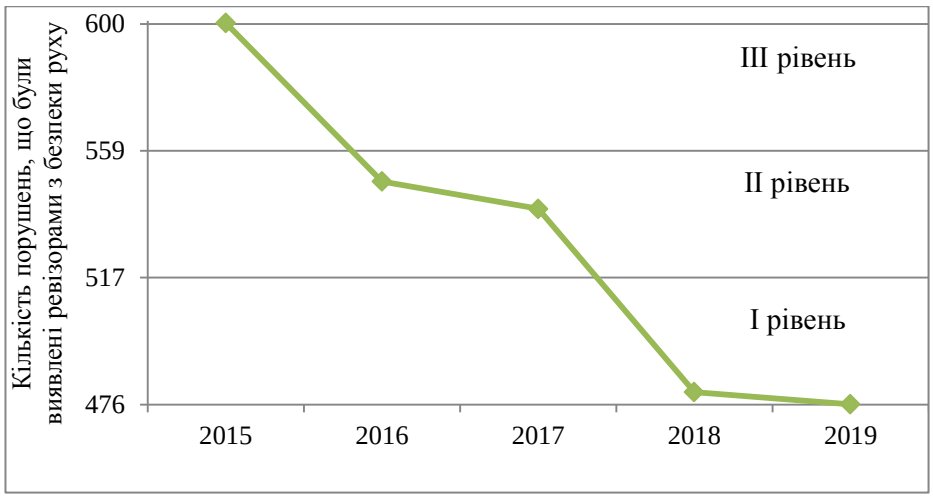


Рис. 4.11. Залежність кількості порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху по рокам з розподіленням за рівнями

Тоді, відповідно до наведеного виразу (3.79), вагові коефіцієнти для обмежених рівнів чотирьох параметрів дорівнюватимуть:

$$\beta_1 = 0{,}4; \beta_2 = 0{,}3; \beta_3 = 0{,}2; \beta_4 = 0{,}1.$$

В результаті отримаємо вираз для інтегральної оцінки безпеки руху поїздів:

$$I_p = 0{,}4x_1 + 0{,}3x_2 + 0{,}2x_3 + 0{,}1x_4, \qquad (4.2)$$

За отриманими даними про рівні показників безпеки руху в АТ «Українська залізниця», що досліджуються (рис. 4.8-4.11) і розраховані значення моделі, виконаємо обчислення інтегральної оцінки ризику або комплексного показника стану безпеки руху поїздів з використанням формули (4.2). Результати у порівнянні з загальною кількістю транспортних подій в АТ «Українська залізниця» приведені на рис. 4.12.

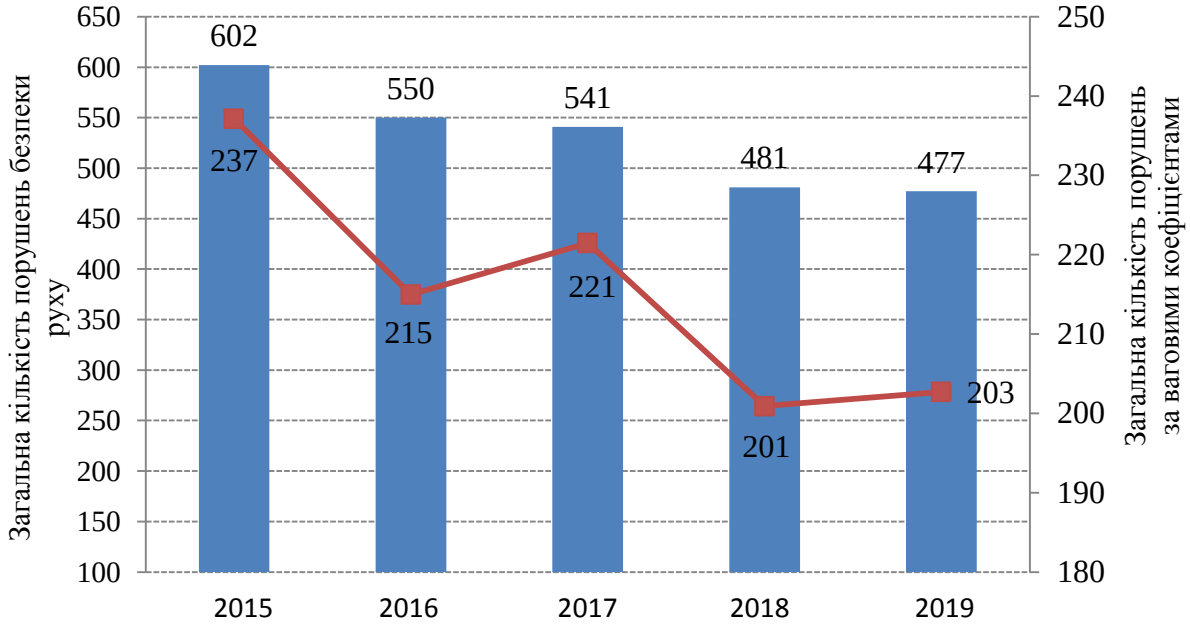


Рис. 4.12. Залежність інтегральної оцінки комплексного показника стану безпеки руху у порівнянні з загальною кількістю транспортних подій в АТ «Українська залізниця»

З рис. 4.12 можемо спостерігати, що інтегральна оцінка комплексного показника стану безпеки руху у порівнянні з загальною кількістю транспортних подій в АТ «Українська залізниця» не має стійкої тенденції до зниження, оскільки враховує вплив на безпеку руху не одного, а декількох показників.

За критерієм Пірсона (використано MS Excel) була визначена адекватність розробленої інтегральної оцінки, при цьому помилка не перевищувала 8,7 %.

4.2.2 Показники ризику та поля потенційної та критичної небезпеки

На основі розробленої математичної моделі (п. 3.1, 3.3) проведені розрахунки апостеріорних та апріорних ризиків. Вихідні дані для розрахунку приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Вихідні дані для розрахунку величин ризиків

	Кількість катастроф	Кількість аварій	Кількість осіб, що померли внаслідок транспортної події	Кількість осіб, що були травмовані внаслідок транспортної події	Кількість транспортних подій	Показник інтегральної оцінки
2015	0	0	0	3	602	237
2016	0	1	0	2	550	215
2017	2	0	0	12	541	221
2018	1	2	0	3	481	201
2019	1	1	0	3	477	203
Разом	**4**	**4**	**0**	**20**	**2651**	**1077**

Показники апостеріорних ризиків і на день проведення технічного аудиту (1.06.2020 р) приведені на рис. 4.13, а з урахуванням інтегральної оцінки – на рис. 4.14.

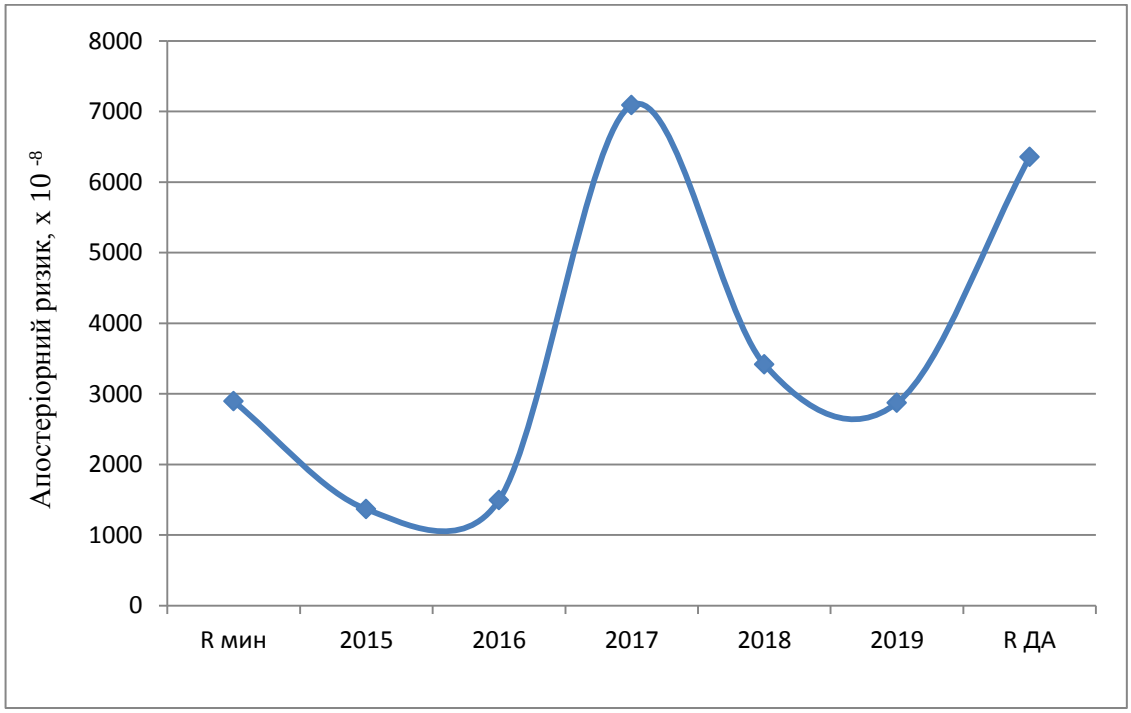


Рис. 4.13. Показники апостеріорних ризиків і на день проведення технічного аудиту (1.06.2020 р.)

Дані, приведені на рис. 4.13, свідчать про значне зростання величини ризику у 2017 році, що значною мірою пов’язане з допущенням катастрофи, внаслідок якої було травмовано 11 осіб. Динаміка показника наступних років

має тенденції до зниження, проте результат не можна вважати стійким, оскільки на день проведення аудиту величина ризику складає 89,6 % від величини ризику найгіршого року.

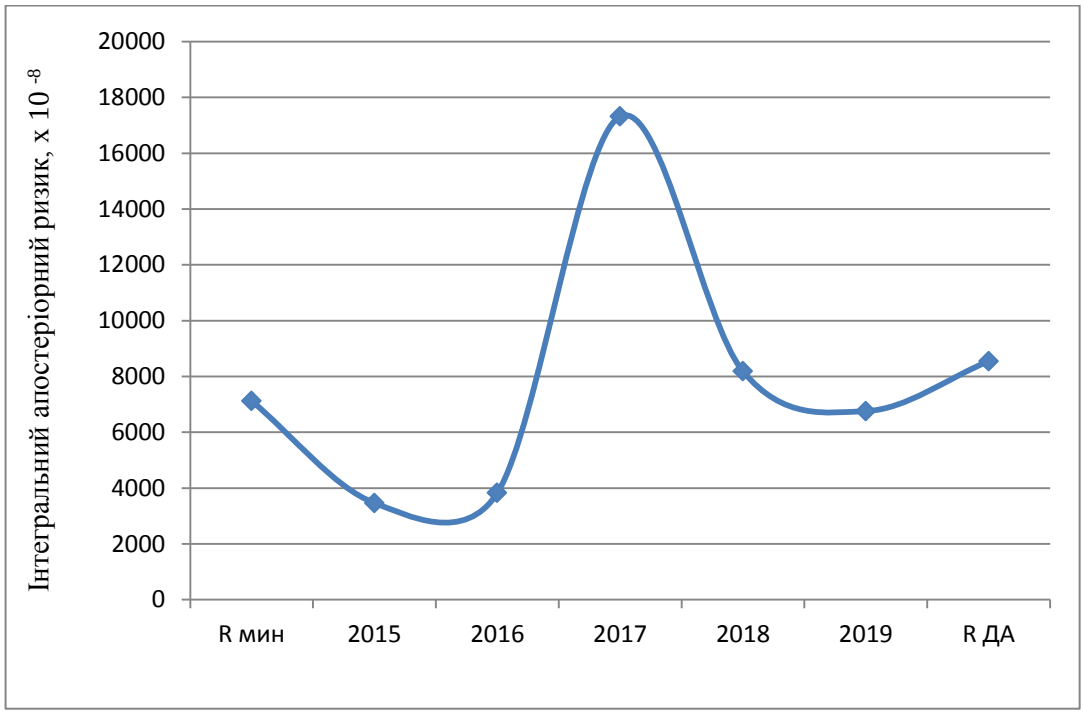


Рис. 4.14. Показники апостеріорних ризиків і на день проведення технічного аудиту (1.06.2020 р), виходячи з інтегральної оцінки

З рис. 4.14 бачимо, що величини ризиків з урахуванням інтегральної оцінки значно вищі. Поясненням такого росту ризиків є те, що інтегральна оцінка включає крім кількості транспортних подій інші порушення безпеки руху.

Результати розрахунків величини ризику теперішнього періоду приведено в табл. 4.7, а графічне зображення динаміки на рис. 4.15.

З рис. 4.15 можемо зробити висновок, що величина ризику теперішнього періоду, розрахована за оптимістичним сценарієм тримається на рівні ризику на день аудиту. При цьому аналогічний ризик, розрахований за наближено-реальним сценарієм, зростає на 51% у порівнянні з ризиком на день аудиту та на 35% з ризиком 2017 року. Велична ризику отримана за песимістичним сценарієм майже вдвічі перевищує показник максимальне значення минулого періоду.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунків величини ризику теперішнього періоду

Рік	Величина ризику і-го періоду, що припадає на рік, х 10^{-8}	Величина ризику і-го періоду, що припадає на один день, х 10^{-8}	Річний приріст $R_{i,}$ х 10^{-8}	Середньозважений приріст ризику, х 10^{-8}	Результативний ризик, х 10^{-8}	Ризик теперішнього часу (оптимістичний сценарій), х 10^{-8}	Ризик теперішнього часу (наближено-реальний сценарій), х 10^{-8}	Ризик теперішнього часу (песимістичний сценарій), х 10^{-8}
	$R_{i\,\text{р}}$	$R_{i\,\text{д}}$	Δ_{kp}	Δ_R	$\bar{\Delta}$	$R_{\text{о}}$		
2015	498339	1365	0					
2016	545455	1494	47116					
2017	2587800	7090	2042346	1	2485	6357	9604	13446
2018	1247401	3418	1340399					
2019	1048218	2872	199183					

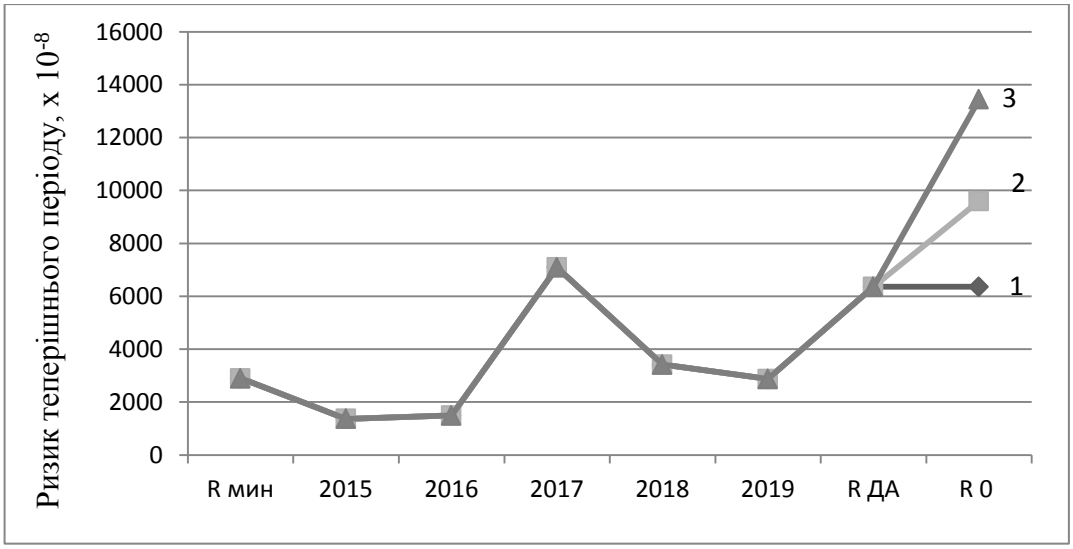


Рис. 4.15. Ризики теперішнього періоду: 1 – оптимістичний сценарій; 2 – наближено-реальний сценарій; 3 – песимістичний сценарій

Результати розрахунків величини ризику теперішнього періоду з урахуванням інтегральної оцінки приведено в табл. 4.8, а графічне зображення динаміки на рис. 4.16. На цьому ж рисунку для наочного зображення та порівняння результатів приведено кілька сценаріїв.

Таблиця 4.8 – Результати розрахунків величини ризику теперішнього періоду з урахуванням інтегральної оцінки

Рік	Величина ризику і-го періоду, що припадає на рік, х 10^{-8}	Величина ризику і-го періоду, що припадає на один день, х 10^{-8}	Річний приріст $R_{i,}$ х 10^{-8}	Середньозважений приріст ризику, х 10^{-8}	Результативний ризик, х 10^{-8}	Ризик теперішнього часу (оптимістичний сценарій), х 10^{-8}	Ризик теперішнього часу (наближено-реальний сценарій), х 10^{-8}	Ризик теперішнього часу (песимістичний сценарій), х 10^{-8}
	$R_{i\,\text{р}}$	$R_{i\,\text{д}}$	Δ_{kp}	Δ_R	$\bar{\Delta}$	$R_{\text{о}}$		
2015	1265119	3466						
2016	1395555	3823	130436					
2017	6321249	17318	4925694	13	6103	8550	16454	25863
2018	2986469	8182	3334780					
2019	2466597	6758	519872					

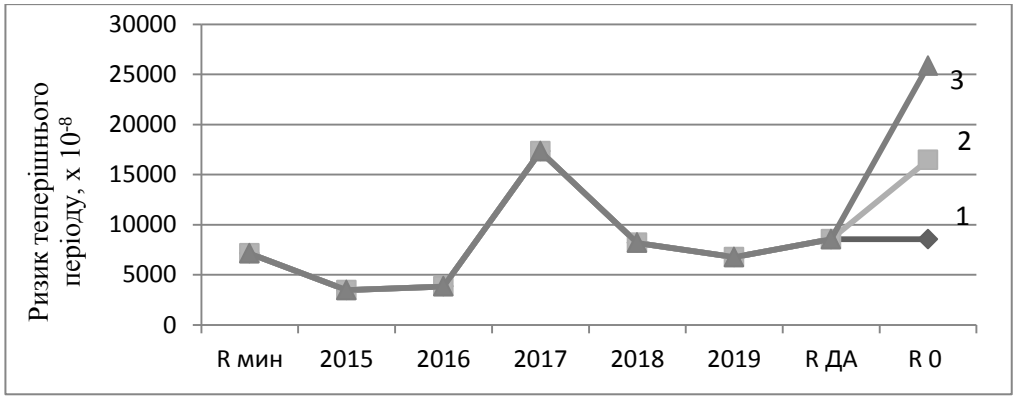


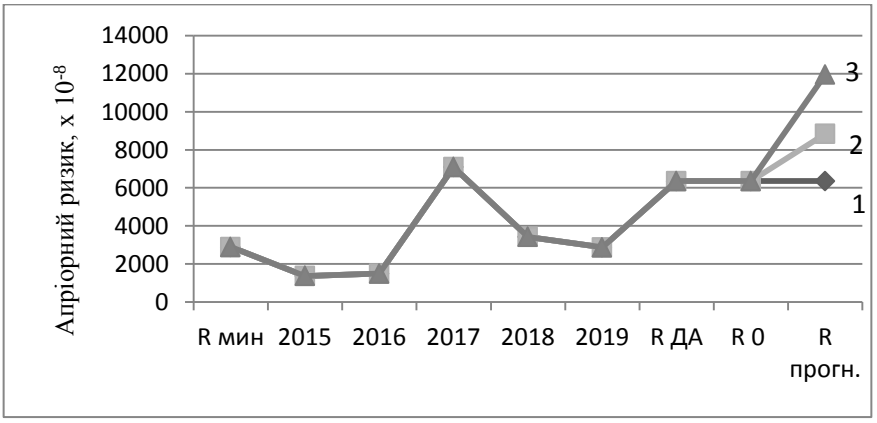
Рис. 4.16. Ризики теперішнього періоду з урахуванням інтегральної оцінки: 1 – оптимістичний сценарій; 2 – наближено-реальний сценарій; 3 – песимістичний сценарій

З метою отримання більш достовірної інформації про величину апріорного ризику, прогнозування проводиться з застосування двох методів: лінійного та ймовірнісного. При цьому, в якості вихідних даних прийнято величини ризиків теперішнього періоду. Результати розрахунків приведені в табл. 4.9.

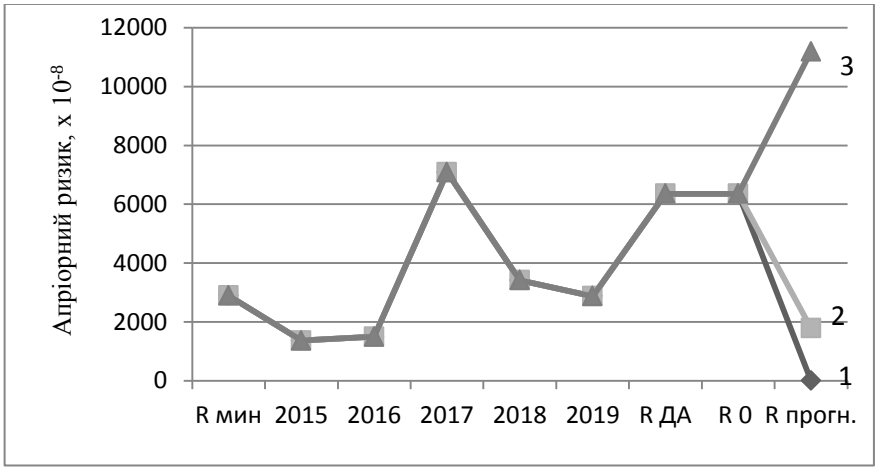
Таблиця 4.9 – Результати розрахунків апріорного ризику, x10^{-8}

Ризик теперішнього часу		Сценарій	Лінійне прогнозування	Ймовірнісне прогнозування
оптимістичний сценарій	6357	оптимістичний	6357	1
		наближено-реальний	8842	1787
		песимістичний	11952	11191
наближено-реальний сценарій	9604	оптимістичний	9605	1
		наближено-реальний	12090	1975
		песимістичний	15200	11191
песимістичний сценарій	13446	оптимістичний	13447	1
		наближено-реальний	15932	2098
		песимістичний	19042	11191

Для отримання можливості порівняльного співставлення результатів, отриманих за оптимістичним сценарієм побудовано графіки (рис. 4.17).



а



б

Рис. 4.17. Апріорний ризик при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за: 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

З рис. 4.17, а, бачимо, що величини апріорного ризику мають стійку тенденцію росту. Ризик отриманий за оптимістичним сценарієм залишається майже на рівні ризику на день аудиту (має зростання менше ніж на 1%). При цьому апріорний ризик отриманий за наближено-реальним сценарієм зростає на 39% у порівнянні до показника на день аудиту та на 24,7% у порівнянні до показника року, в якому ризик досяг максимального значення. Ризик отриманий за песимістичним сценарієм майже удвічі перевищує показник на день аудиту (приріст складає 88%) та збільшується на 68,6% відносно показника ризику 2017 року.

Для даних, приведених на рис. 4.17, б, характерна інша тенденція. Оптимістичний сценарій зводить апріорні ризики до найменшого можливого значення, наближено-реальний – тримається на рівні показників 2015-2016 рр., для яких характерне мінімальне значення ризику, і тільки песимістичний сценарій свідчить про стрімке зростання.

Оскільки сучасний розвиток інформаційних систем та програмного забезпечення багато в чому спрощує роботу з цифровими даними не можемо не оцінити можливості їх застосування для формування прогнозів. Так, Microsoft Excel дозволяє здійснити прогнозування ризиків, тому для визначення об’єктивності проведеного прогнозування та доцільності застосування розробленої методики, проведемо оцінку результатів, отриманих з використанням Microsoft Excel.

Для прогнозування використані показники апостеріорного ризику періоду 2015-2019 рр., що приведені в таблиці 4.7. Результати приведені на рис. 4.18.

Рис. 4.18. Прогнозні значення ризику розраховані в Microsoft Excel

Головним недоліком прогнозування за допомогою Microsoft Excel, результати якого приведені на рис. 4.18, є те, що незалежно від величини приведеного показника останнього року один з прогнозних показників набуває від'ємного значення, а це унеможливлює застосування додатку для прогнозування величини ризику.

Крім цього, Microsoft Excel пропонує визначити прогнозну величину ризику тільки шляхом лінійного збільшення, як показано на рис. 4.19.

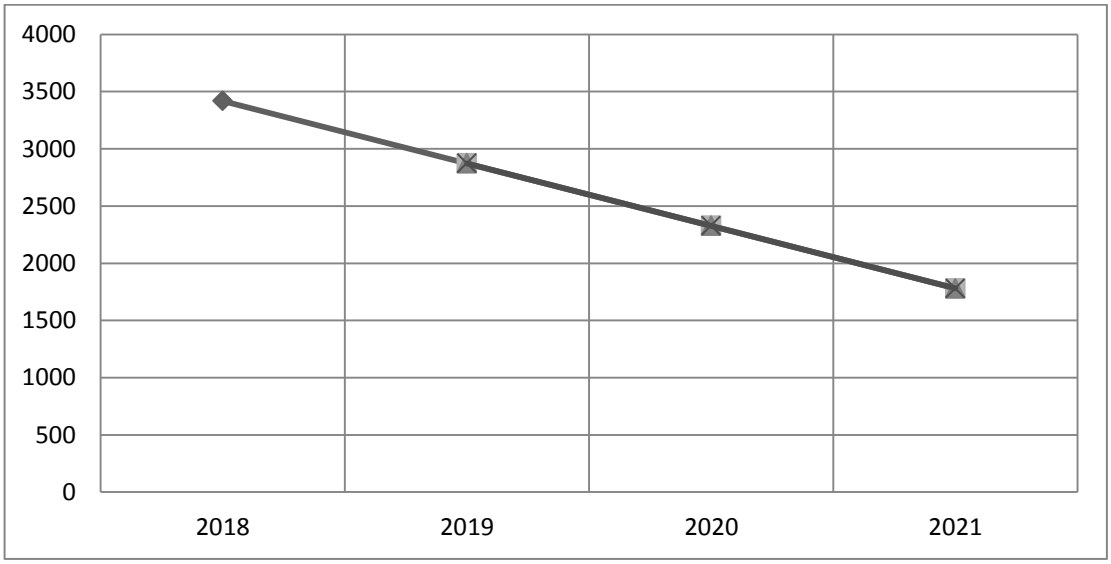


Рис. 4.19. Прогнозні показники ризику, розраховані за допомогою Microsoft Excel на основі показників двох інтервалів досліджуваного періоду

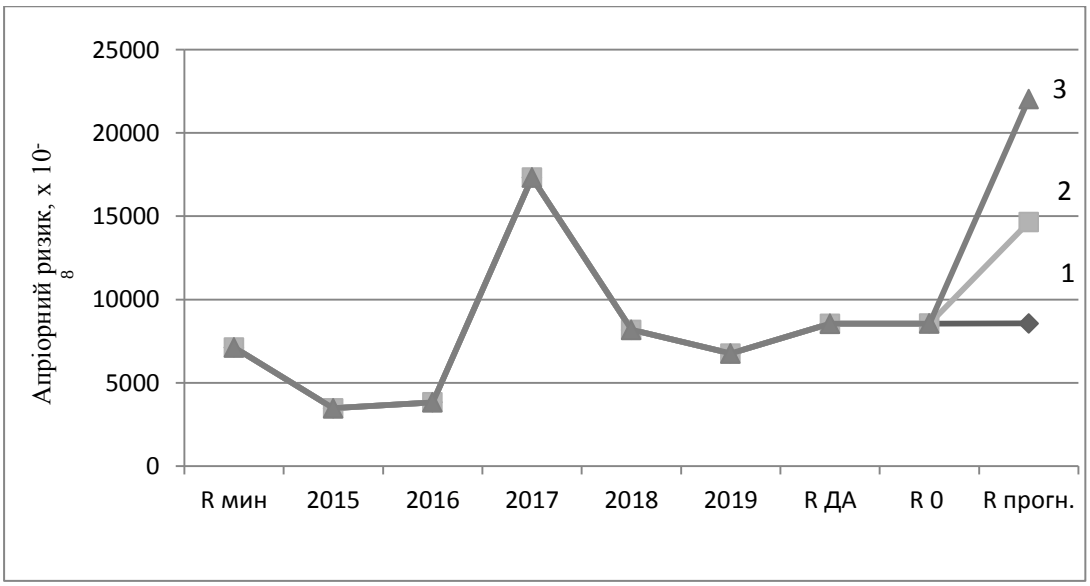
Застосування розробленої математичної моделі дозволяє незалежно від кількості інтервалів досліджуваного періоду отримати прогнозні величини за усіма переліченими сценаріями.

Результати розрахунків апріорного ризику при використанні показника R_0, отриманого за наближено-реальним сценарієм та R_0, отриманого за песимістичним сценарієм приведені у Додатку Г.

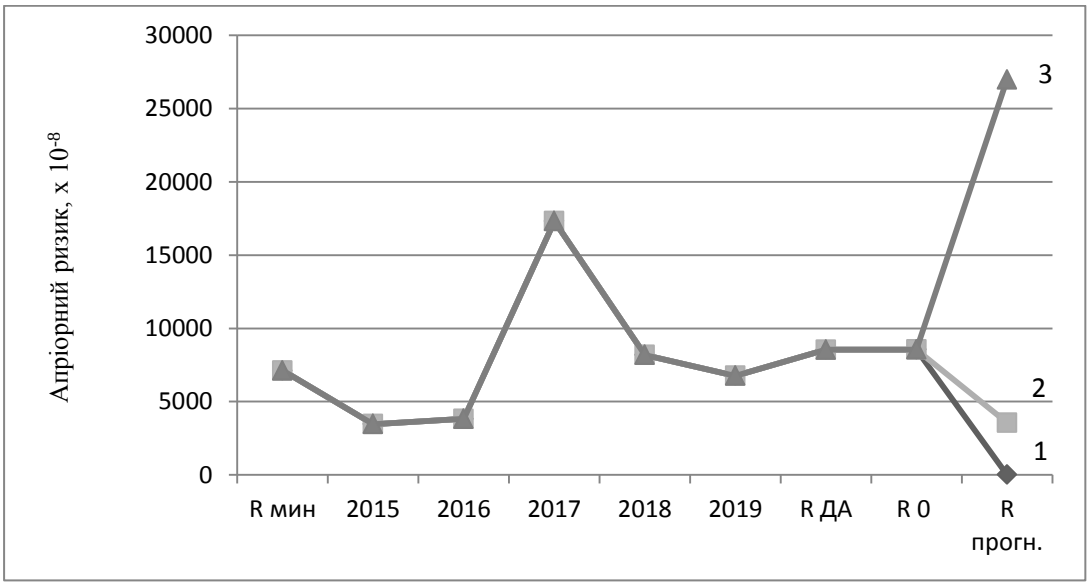
Розрахунки апріорних ризиків з урахуванням інтегральної оцінки здійснено шляхом лінійного та ймовірнісного прогнозування. При цьому, в якості вихідних даних прийнято величини ризиків теперішнього періоду з урахуванням інтегральної оцінки. Результати розрахунків приведені в табл. 4.10, а їх графічне зображення на рис. 4.20.

Таблиця 4.10 – Результати розрахунків апріорного ризику з урахуванням інтегральної оцінки, $x10^{-8}$

Ризик теперішнього часу		Сценарій	Лінійне прогнозування	Ймовірнісне прогнозування
оптимістичний сценарій	8550	оптимістичний	8562	12
		наближено-реальний	14653	3561
		песимістичний	22045	26990
наближено-реальний сценарій	16454	оптимістичний	16466	12
		наближено-реальний	14653	4452
		песимістичний	22045	26990
песимістичний сценарій	25863	оптимістичний	25875	12
		наближено-реальний	31966	4938
		песимістичний	39358	26990



а



б

Рис. 4.20. Апріорний ризик, визначений з урахуванням інтегральної оцінки, при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм.

Дані, приведені на рис. 4.20, свідчать про зростання показника апріорного ризику у порівнянні з показником ризику теперішнього періоду:

- розрахований за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на 1%;
- розрахований за наближено-реальним сценарієм зростає на 71,5%;

- за песимістичним сценарієм зростає майже в 2,5 рази.

Величини ризиків, розраховані із застосуванням ймовірнісного прогнозування не мають однакової тенденції. Результати розрахунків за оптимістичним сценарієм свідчать про зменшення ризику до найменшого можливого значення, а за наближено-реальним сценарієм показують зменшення на 58,3%. Необхідно відзначити, що незважаючи на значне зменшення, показник не досяг мінімального значення, характерного для минулого періоду.

На тлі такої тенденції до зменшення, характерної для двох попередніх прогнозних показників, ризик, розрахований за песимістичним сценарієм, зазнає значного зростання, перевищуючи показник ризику теперішнього періоду більше ніж втричі.

Результати розрахунків апріорного ризику з урахуванням інтегральної оцінки при показнику R_0, що отриманий за наближено-реальним сценарієм та R_0, що отриманий за песимістичним сценарієм приведені у Додатку Г.

Результати розрахунків величини апостеріорного ризику та ризику на день аудиту по господарству перевезень приведено на рис. 4.21.

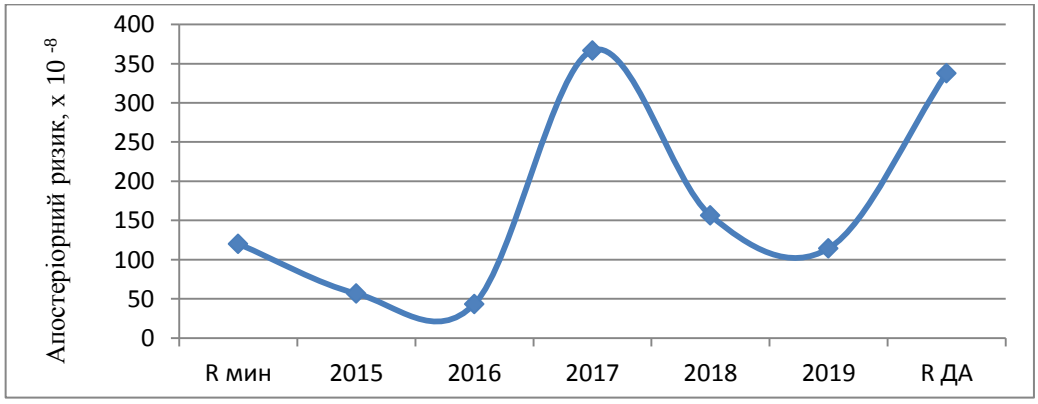


Рис. 4.21. Показники апостеріорних ризиків та ризику на день аудиту по господарству перевезень

Для величин апостеріорних ризиків та ризику на день аудиту, приведених на рис. 4.21, характерна нестабільна динаміка. При зменшенні величини ризику в 2015 році на 24,% у порівнянні до попереднього періоду, в 2017 році показник збільшується у 8,5 разів, досягаючи максимального

значення. Наступні роки характеризуються значним зменшенням ризику (більше ніж в 2 рази у 2018 році та більше ніж в 3 рази у 2019 році), проте на день аудиту показник ризику знову зростає майже досягнувши відповідного показника 2017 року.

Показники технологічних та технічних апостеріорних ризиків та ризику на день аудиту по господарству перевезень приведено на рис. 4.22.

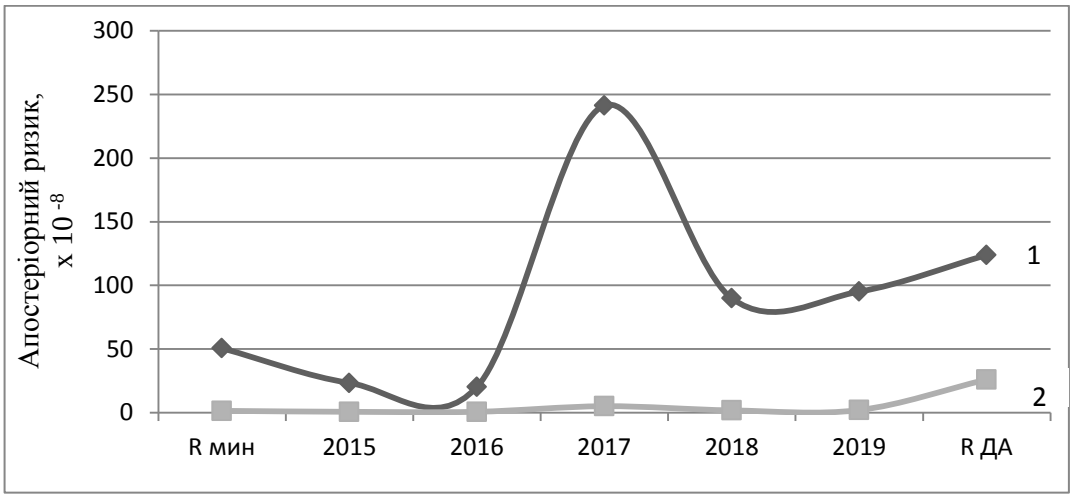
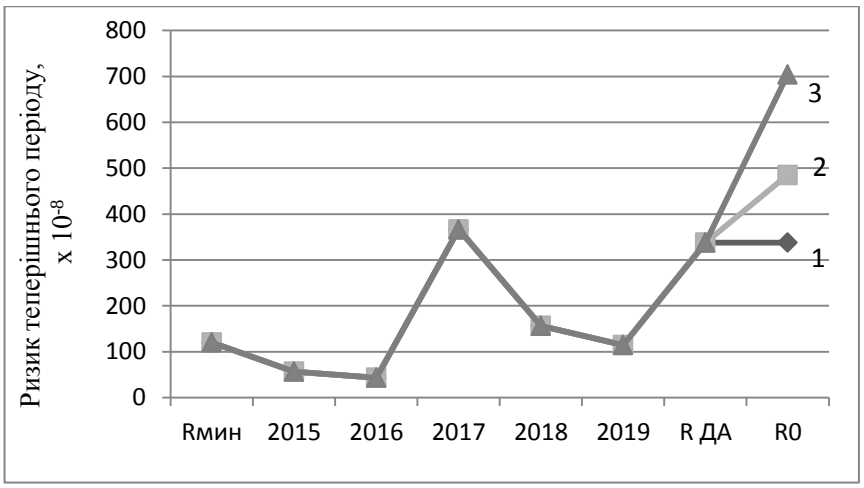


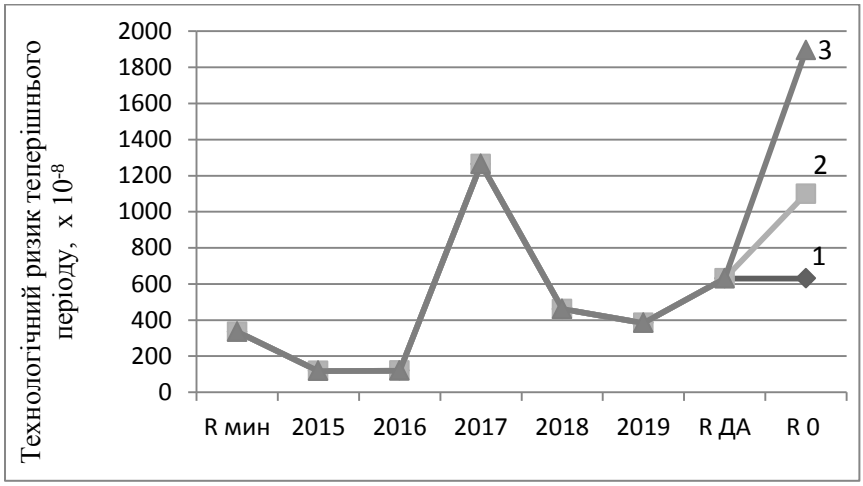
Рис. 4.22. Показники технологічних (1) та технічних (2) апостеріорних ризиків та ризику на день аудиту по господарству перевезень

Для показників технологічних та технічних апостеріорних ризиків та ризику на день аудиту по господарству перевезень, приведених на рис. 4.22 характерна аналогічна динаміка. Крім цього, необхідно зазначити, що величини технологічних апостеріорних ризиків значно перевищують величини технічних, оскільки більшість порушень безпеки руху в господарстві виникають з причин порушень технології транспортного процесу.

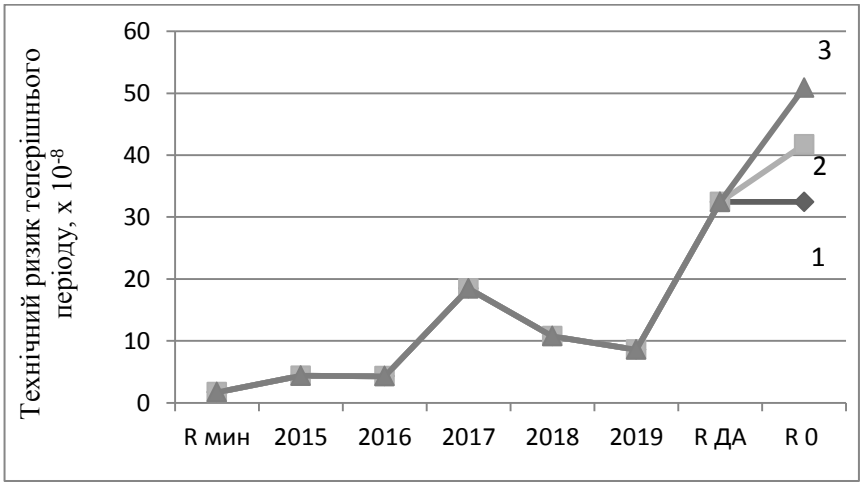
Результати розрахунків загального, технічного та технологічного ризику теперішнього періоду по господарству перевезень приведено на рис. 4.23.



а



б



в

Рис. 4.23. Ризики теперішнього періоду по господарству перевезень: а – загальний; б – технологічний; в – технічний, розраховані за: 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

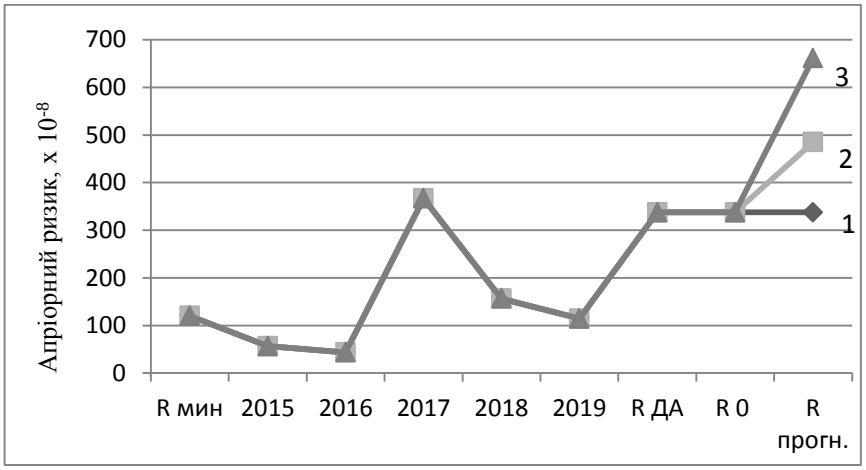
Показники загального, технологічного та технічного ризиків теперішнього періоду, приведені на рис. 4.23 мають наступні відхилення від показників на день аудиту:

- загальний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 43,5%, за песимістичним – зростає вдвічі;

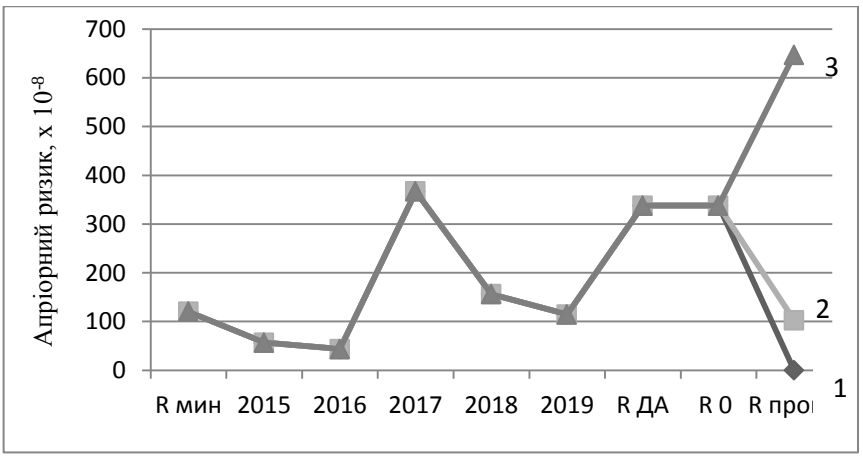
- технологічний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 74,4%, за песимістичним – зростає втричі;

- технічний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 31,3%, за песимістичним – зростає на 59,4%.

Результати розрахунків загального апріорного ризику (R_o розраховане за оптимістичним сценарієм) по господарству перевезень приведено на рис. 4.24.



а



б

Рис. 4.24. Загальний апріорний ризик господарства перевезень, при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм.

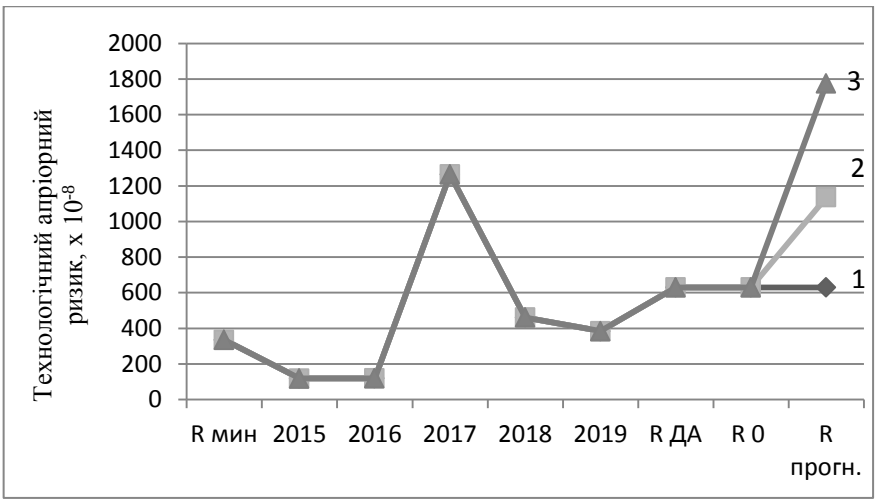
З даних, приведених на рис. 4.24, можемо спостерігати наступні відхилення загального апріорного ризику, розрахованого по господарству перевезень, від показників загального ризику на теперішній період:

- апріорний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм, при лінійному прогнозуванні зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 43,5%, за песимістичним – зростає майже вдвічі (95,6%);

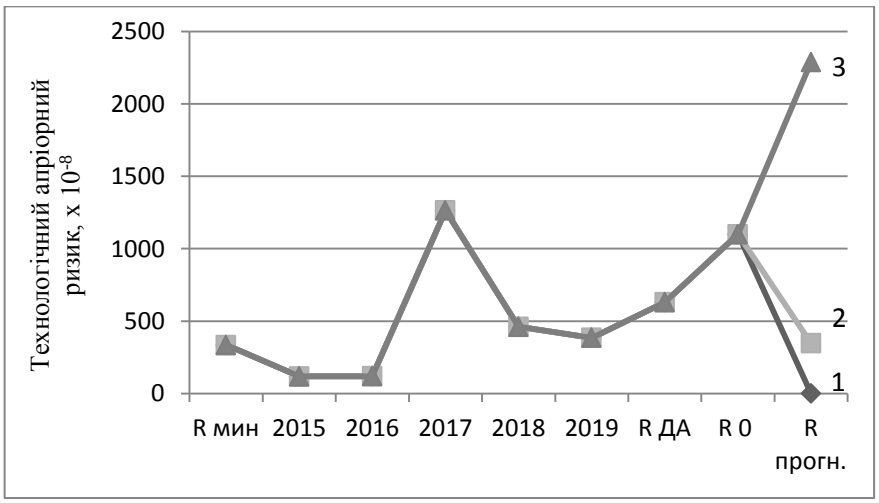
- апріорний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні, зменшується до найменшого можливого значення, за наближено-реальним – зменшується майже втричі, залишаючись в діапазоні величин апостеріорного ризику, за песимістичним – зростає майже вдвічі (91,4%).

Результати розрахунків апріорного ризику по господарству перевезень при показнику R_0, отриманому за наближено-реальним сценарієм та R_0, отриманому за песимістичним сценарієм приведені у Додатку Г.

Далі, проведемо аналогічний аналіз результатів розрахунків технологічного апріорного ризику по господарству перевезень, які приведено на рис. 4.25.



а



б

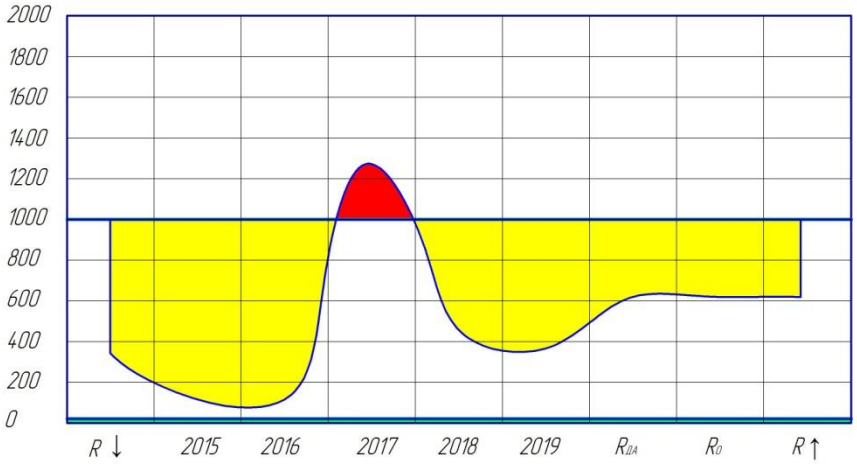
Рис. 4.25. Технологічний апріорний ризик господарства перевезень (R_o розраховане за оптимістичним сценарієм) при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за: 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

З даних, приведених на рис. 4.25, можемо спостерігати наступні відхилення технологічного апріорного ризику, розрахованого по господарству перевезень, від показників технологічного ризику на теперішній період:

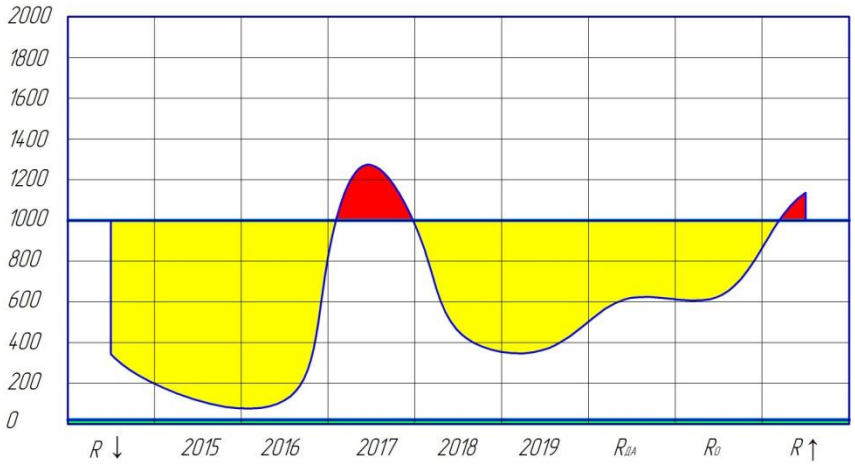
- апріорний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм при лінійному прогнозуванні зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 80,4%, за песимістичним – зростає майже тричі;

- апріорний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні зменшується до найменшого можливого значення, за наближено-реальним – зменшується майже вдвічі, залишаючись в діапазоні величин ризику минулого періоду, за песимістичним – зростає більше ніж 3,5 рази.

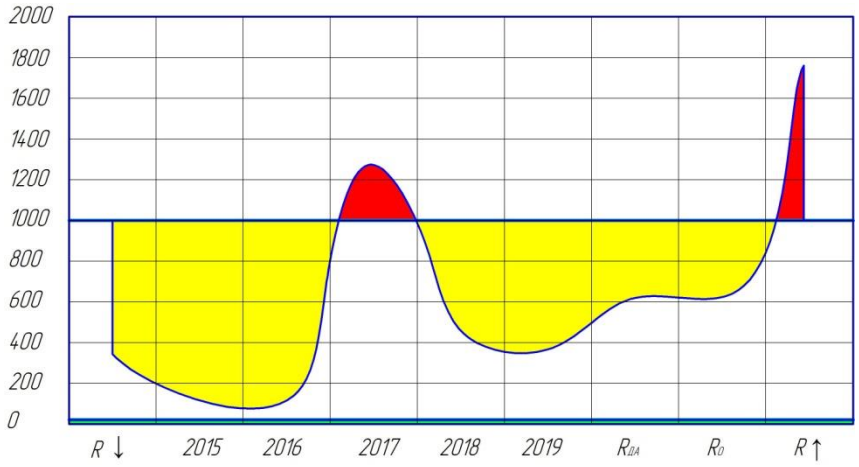
На основі даних, отриманих в результаті лінійного прогнозування, проведено експериментальні дослідження практичного застосування математичної моделі поля потенційної (критичної) небезпеки, результати яких наведено на рис. 4.26.



а



б



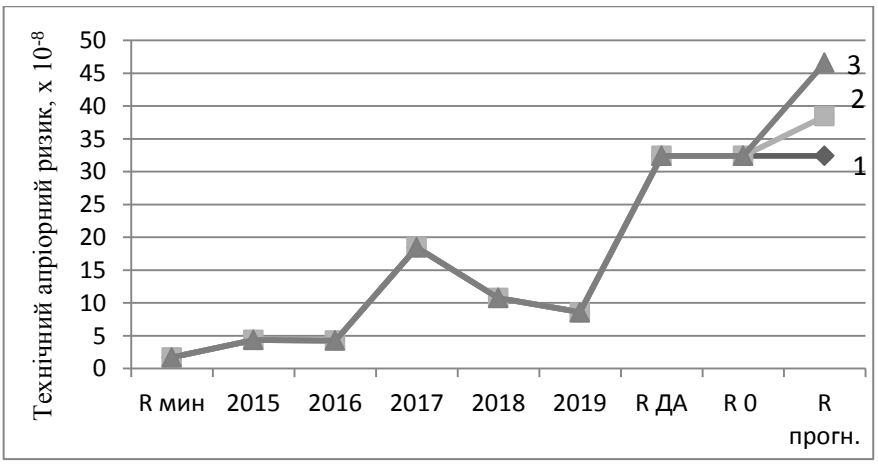
в

Рис. 4.26 Поле потенційної та критичної небезпеки для значень технологічного апріорного ризику господарства перевезень при лінійному прогнозуванні за: а – оптимістичним сценарієм; б – наближено-реальним сценарієм; в – песимістичним сценарієм

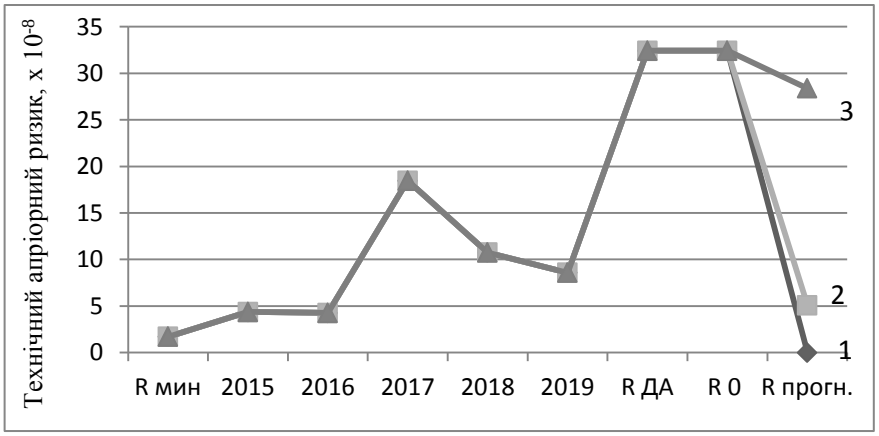
Дані, наведені на рис. 4.26, вказують на потенційне поле небезпеки (рис. 4.26, а) та критичне поле небезпеки (рис. 4.26, б, в). При цьому на графічних залежностях жовтим кольором приведено поле потенційної небезпеки, а червоним – поле критичної небезпеки. Слід відмітити, що для усіх трьох наведених прикладів, необхідним є розробка додаткових заходів щодо зниження апріорних ризиків.

Результати розрахунків технологічного ризику майбутнього періоду по господарству перевезень при показнику R_0, отриманому за наближено-реальним сценарієм та R_0, отриманому за песимістичним сценарієм приведені у Додатку Г.

Далі розглянемо результати розрахунків технічного апріорного ризику по господарству перевезень, які приведено на рис. 4.26.



а



б

Рис. 4.26. Технічний апріорний ризик господарства перевезень при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за: 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

З рис. 4.26, можемо визначити тенденції змін, характерні для значень технічного апріорного ризику, розрахованого по господарству перевезень за умови, що R_0 розраховане за оптимістичним сценарієм, у порівнянні з показниками технічного ризику теперішнього періоду. Так, величина ризику майбутнього періоду, прогнозована лінійно за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 18,8%, за песимістичним – зростає на 46,9%.

З даних, приведених на рис. 4.26, б, можемо спостерігати наступні відхилення технічного апріорного ризику, розрахованого по господарству перевезень за умови, що R_0 розраховане за оптимістичним сценарієм, при

ймовірнісному прогнозуванні, від показників технічного ризику на теперішній період. Апріорний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм зменшується до найменшого можливого значення. При цьому, відповідний показник розрахований за наближено-реальним сценарієм, зменшується майже у 6,5 разів, залишаючись в діапазоні величин апостеріорного ризику. Апріорний ризик розрахований за песимістичним сценарієм зменшується на 12,5%.

Далі, виконаємо розрахунок та аналіз ризиків на станції Знам'янка Одеської залізниці. За загальними принципами розрахунку ризиків визначено величини п'яти категорій ризиків, що мають місце в діяльності ст. Знам'янка Одеської залізниці. Результати розрахунку ризиків приведено в таблицях 4.10, 4.11.

Таблиця 4.10 – Ризики минулого та теперішнього періодів по ст. Знам'янка Одеської залізниці

Категорія ризику	$R\downarrow$, $x10^{-8}$	2015, $x10^{-8}$	2016, $x10^{-8}$	2017, $x10^{-8}$	2018, $x10^{-8}$	2019, $x10^{-8}$	$R_{ДА}$, $x10^{-8}$	Сце-нарій	$R_{0,}$ $x10^{-8}$
Загальний	579	223	244	1860	584	689	3178	Опт.	3178
								НР	3898
								Пс.	5038
Інтегральний	1424	567	624	4544	1397	1622	4272	Опт.	4272
								НР	6023
								Пс.	8816
Локальний	24	9	7	96	27	27	75	Опт.	75
								НР	108
								Пс.	171
Спеціальний:									
технологічний	51	23	20	241	90	95	124	Опт.	124
								НР	218
								Пс.	365
технічний	1	1	1	5	2	2	26	Опт.	26
								НР	28
								Пс.	31
Точковий	22	6	7	72	32	32	33	Опт.	33
								НР	63
								Пс.	104

Динаміка загального апостеріорного ризику по ст. Знам'янка Одеської залізниці має неоднорідні тенденції: зростаючи в період 2015-2017 рр., значення ризику зазнає значного зменшення в 2018 році (68%). При цьому, вже в наступному році знову зростає на 18%, перевищуючи всі значення ризику попередніх років, крім 2017 року, в якому ризик досяг максимального значення.

Таблиця 4.11 – Апріорні ризики по ст. Знам'янка Одеської залізниці

Категорія ризику	$R_{0,}$ $x10^{-8}$	Лінійне прогнозування			Ймовірнісне прогнозування		
		Опт., $x10^{-8}$	НР, $x10^{-8}$	Пс., $x10^{-8}$	Опт.	НР, $x10^{-8}$	Пс., $x10^{-8}$
Загальний	3178	3178	3933	4794	$1 \cdot 10^{-10}$	610	3232
	3898	3898	4653	5514	$1 \cdot 10^{-10}$	632	3232
	5038	5038	5793	6655	$1 \cdot 10^{-10}$	656	3232
Інтегральний	4272	4272	6109	8192	$11 \cdot 10^{-10}$	1285	7839
	6023	6023	7860	9942	$11 \cdot 10^{-10}$	1408	7839
	8816	8816	10653	12735	$11 \cdot 10^{-10}$	1520	7839
Локальний	75	75	115	164	$3 \cdot 10^{-15}$	26	178
	108	108	149	197	$3 \cdot 10^{-15}$	29	178
	171	171	212	260	$3 \cdot 10^{-15}$	33	178
Спеціальний							
технологічний	124	124	219	345	$7 \cdot 10^{-14}$	54	442
	218	218	313	439	$7 \cdot 10^{-14}$	66	442
	365	365	460	586	$7 \cdot 10^{-14}$	76	442
технічний	26	26	28	30	$13 \cdot 10^{-20}$	2	9
	28	28	30	33	$13 \cdot 10^{-20}$	2	9
	31	31	33	36	$13 \cdot 10^{-20}$	2	9
Точковий	33	33	59	98	$1 \cdot 10^{-16}$	15	130
	63	63	89	128	$1 \cdot 10^{-16}$	19	130
	104	104	131	169	$1 \cdot 10^{-16}$	21	130

Результати розрахунків ризику теперішнього періоду дозволяють розглянути їх динаміку в залежності від прийнятого сценарію. Так, ризик

отриманий за оптимістичним сценарієм залишається незмінним. За наближено-реальним сценарієм отримуємо значення ризику, яке на 22,6% значення ризику на день аудиту, а ризик отриманий за песимістичним сценарієм на 58,5% зростає від того ж показника.

4.2.3 Побудова експлуатаційної моделі управління ризиками

Вихідні дані для залізниць України за період 2014-2018 рр. для побудови експлуатаційної моделі управління ризиками приведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Значення вихідних показників залізниць України за період 2014-2018 рр.

Рік	Кількість транспортних подій	Продуктивність праці, $x10^6$, млн. прив. т-км на 1 ос.	Обсяг капітальних інвестицій, $x10^9$, грн.	Експлуатаційні витрати, $x10^6$, грн.
2014	673	0,98424	3,5082	4,175834
2015	602	1,12526	4,5012	3,981232
2016	550	1,14306	6,8858	4,604984
2017	541	1,32567	10,9041	5,523061
2018	481	1,35727	16,5902	6,817788

Результати визначення регресійних коефіцієнтів за допомогою Microsoft Excel приведены на рис. 4.27.

1	ВЫВОД ИТОГОВ	
2		
3	*Регрессионная статистика*	
4	Множественный R	0,999723533
5	R-квадрат	0,999447143
6	Нормированный R-квадрат	0,498894285
7	Стандартная ошибка	21,3040226
8	Наблюдения	5
9		
10	Дисперсионный анализ	
11		*df*
12	Регрессия	3
13	Остаток	2
14	Итого	5
15		
16		*Коэффициенты*
17	Y-пересечение	0
18	Переменная X 1	71,68965186
19	Переменная X 2	-55,02306167
20	Переменная X 3	189,3785395
21		
22		
23		

Рис.4.27. Результати визначення регресійних коефіцієнтів за допомогою Microsoft Excel

Таким чином, використовуючи обчислені значення регресійних коефіцієнтів за допомогою Microsoft Excel експлуатаційної моделі, будемо мати наступну залежність:

$$N = 72 \cdot P - 55 \cdot IB + 189 \cdot E. \quad (4.3)$$

Регресивні коефіцієнти для показника інвестиційних вкладень в результаті розрахунків вийшли негативними, з чого випливає, що збільшення зазначеного показника позитивно впливає на стан безпеки руху. При підвищенні інвестиційних витрат і інвестиційних вкладень в модернізацію і ремонт об'єктів залізничного транспорту число випадків транспортних подій буде зменшуватися. При збільшенні експлуатаційних витрат та продуктивності праці буде характерним збільшення кількості порушень безпеки руху (транспортні події). За допомогою Microsoft Excel встановлено, що коефіцієнт детермінації дорівнює R^2=0,9891.

Високе значення нецентрованого коефіцієнта детермінації говорить про тісний зв'язок між досліджуваними показниками. При цьому середня відносна помилка для отриманої регресійної моделі склала величину, рівну 12,3%.

На рис. 4.28 представлена залежність транспортних подій за фактом випадків порушень безпеки руху і розрахованих за допомогою моделі.

На основі отриманої моделі, можливо, здійснити прогноз кількості порушень безпеки руху (транспортних подій) на наступний період при варіюванні показниками продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат (рис. 4.29).

Найбільший вплив на число порушень безпеки руху надає продуктивність праці (обсяги вантажообігу, обсяги пасажирообороту і чисельність персоналу). При збільшенні в 2 рази (з (0,6 до 1,2)х10^6 млн. прив. т-км / 1 особу) продуктивності праці, кількість порушень безпеки руху може вирости в 2,2 рази (з 97 до 210 випадків).

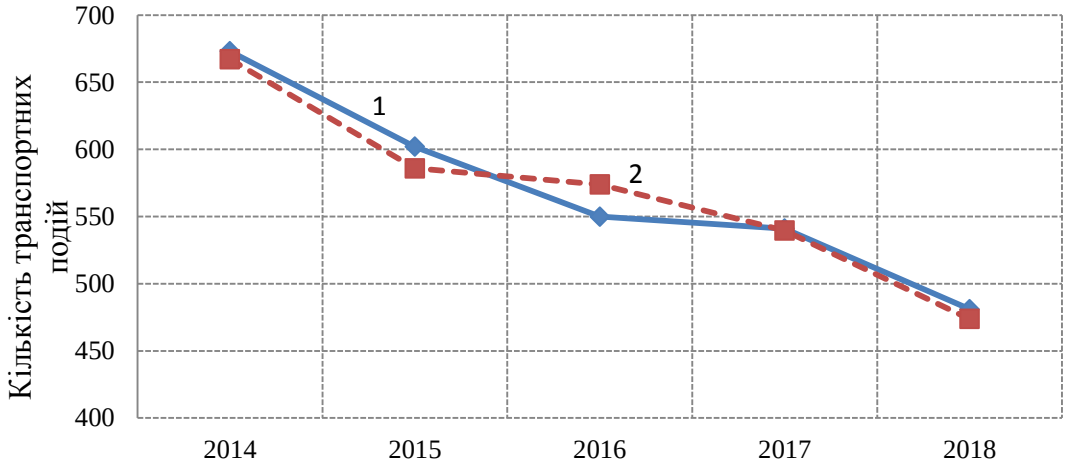


Рис. 4.28. Допущені за фактом (1) і розраховані (2) за допомогою моделі випадки транспортних подій в АТ «Українська залізниця»

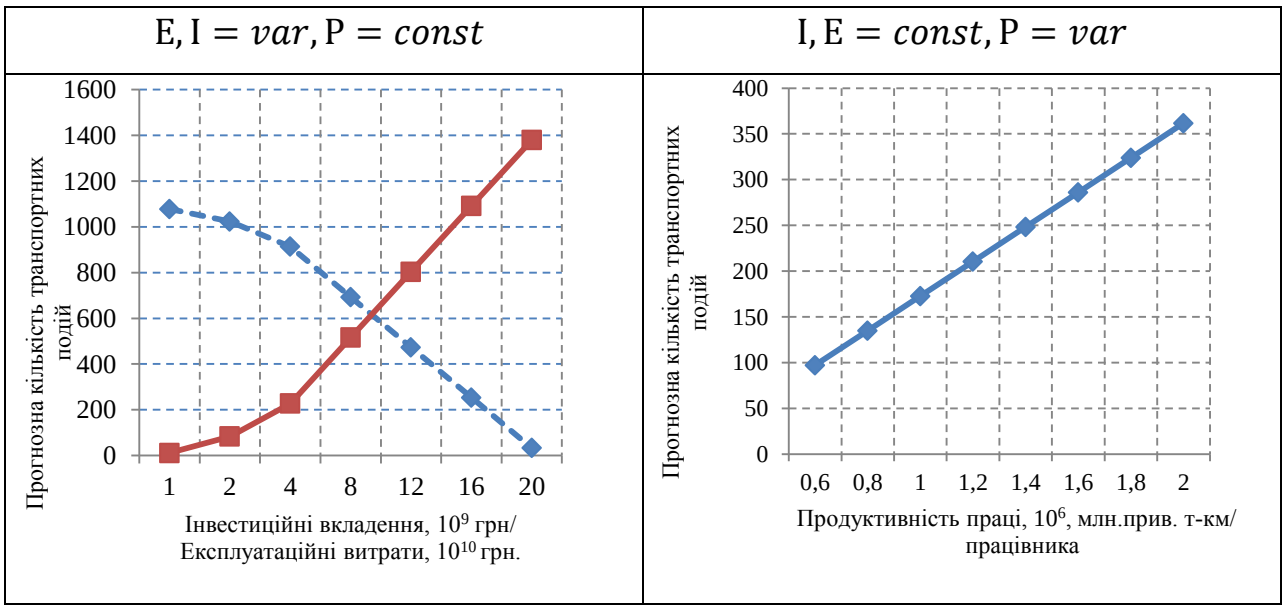


Рис. 4.29. Прогнозне число порушень безпеки руху при зміні факторів регресійної моделі

Інвестиційні вкладення впливають на число транспортних подій більшою мірою, ніж експлуатаційні витрати. Так, наприклад, при збільшенні в 2 рази (з 1000 до 2000 млн. грн.) інвестиційних вкладень число транспортних подій знижується на 50% (рис. 4.29). При збільшенні експлуатаційних витрат спостерігається підвищення кількості транспортних подій.

4.3 Висновки до розділу IV

У розділі наведено алгоритм застосування технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті та експериментальні результати практичного застосування.

Практичне застосування розроблених методів зовнішнього контролю дозволило авторові виконати наступні дії та сформувати такі висновки за розділом:

- надано інтегральну оцінку стану безпеки руху поїздів в АТ «Українська залізниця» за наступними вихідними показниками: матеріальний збиток від порушень безпеки руху поїздів, кількість порушень безпеки руху поїздів та кількість відмов технічних засобів. На основі отриманих результатів побудовано залежність інтегральної оцінки комплексного показника стану безпеки руху поїздів у порівнянні з загальною кількістю транспортних подій в АТ «Українська залізниця». Для перевірки універсальності розглянутого підходу, інтегральну оцінку проведено з використанням показників, які беруться до уваги в АТ «Українська залізниця» для аналізу стану безпеки руху, а саме: кількість транспортних подій на які не нараховані збитки, кількість транспортних подій на які нараховані збитки, кількість нещасних випадків на виробництві та кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху. У результаті, слід відмітити, що динаміка стану безпеки руху в 2015-2019 рр. має іншу картину в порівнянні зі звичайною кількістю транспортних подій в АТ «Українська залізниця»; за критерієм Пірсона була визначена адекватність розробленої моделі інтегральної оцінки, помилка якої склала 8,7 %;

- із застосуванням програмної реалізації в середовищі Microsoft Excel проведено розрахунки апріорних та апостеріорних ризиків для АТ «Українська залізниця», для господарства перевезень та станції Знам'янка. Отримані результати дозволяють провести порівняльний аналіз величин та визначити вузькі місця в системі забезпечення безпеки руху. Так, враховуючи прийняте значення мінімального та граничного ризиків $R_{min} =$

10^{-8}, $R_{\text{гр}} = 10^{-5}$, можемо дійти висновку про те, що всі значення апріорних та апостеріорних ризиків АТ «Українська залізниця» значно перевищують прийняті. Виняток становлять значення апріорних ризиків, отриманих за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні.

На рівні господарства перевезень всі значення загальних апріорних та апостеріорних ризиків перевищують прийняте значення R_{min}, проте залишаються в діапазоні граничного ризику. Виняток становить значення апріорного ризику отримане за песимістичним сценарієм при лінійному прогнозуванні (перевищення склало 2,8%). Крім цього, значення ризиків, отримані за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні не перевищують мінімального значення ризику, підтримуючи загальну тенденцію отриману по АТ «Українська залізниця».

Аналіз результатів розрахунків значень технологічних ризиків господарства перевезень свідчить про те, що всі значення апостеріорних ризиків перевищують прийняте значення R_{min}, при цьому $R_{\text{гр}}$ перевищує лише показник 2017 року. Майже всі значення апріорних ризиків перевищують прийняті значення, за винятком значення ризику, яке отримане за оптимістичним сценарієм при лінійному прогнозуванні, значень ризику, отриманого за усіма сценаріями при ймовірнісному прогнозуванні, які перевищуючи значення мінімального значення, залишаються в діапазоні значень граничного. Крім цього, значення апріорного ризику, отримані за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні не перевищують мінімального значення ризику, підтримуючи загальну тенденцію отриману як по АТ «Українська залізниця», так і по загальному ризику господарства перевезень.

Аналіз результатів розрахунків значень технічних ризиків господарства перевезень свідчить про те, що жодне з них не перевищує прийняте значення $R_{\text{гр}}$. Майже всі показники перевищують R_{min}, за винятком значення апріорного ризику, отриманого за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні.

Результати розрахунків ризиків на станції Знам'янка свідчать про те, що всі значення загальних апріорних та апостеріорних ризиків перевищують прийняте значення R_{min}, проте залишаються в діапазоні граничного ризику. Виняток складають показники аналогічні АТ «Українська залізниця» та господарства перевезень. Аналогічна картина для значень технологічних та технічних ризиків, проте необхідно відмітити, що значення технологічних ризиків значно вищі від значень технічних. Так, технологічний апостеріорний ризик в 51 раз перевищує відповідне значення технічного ризику, а на день аудиту майже в 5 разів, що з одного боку свідчить про домінування технологічних ризиків в діяльності станції, а з іншого про стрімке зростання значення технічних.

Цілком протилежна ситуація склалася зі значеннями апріорних та апостеріорних ризиків, розрахованих з урахуванням інтегральної оцінки, які не тільки перевищують прийняте значення R_{min}, але й виходять за межі діапазону граничного ризику. Виняток складають показники аналогічні для АТ «Українська залізниця» та господарства перевезень.

Зважаючи на переваги технологічних ризиків в структурі ризиків станції Знам'янка, в якості точкового ризику проведено аналіз порушення технології транспортного процесу, а саме «Порушення ТРА станції, ІДП, ПТЕ, Інструкцій». Отримані результати розрахунків свідчать про те, що всі значення апріорних та апостеріорних ризиків перевищують прийняте значення R_{min}, проте залишаються в діапазоні граничного ризику. Виняток складають апріорні ризики, отримані за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні, які не перевищують прийнятого мінімального значення ризику. Отримані результати дозволяють стверджувати, що вузьким місцем в роботі станції є низький рівень дотримання технології транспортного процесу. За допомогою аналізу точкових ризиків визначено, що найбільшого значення, ризики набувають при таких порушеннях як «Прийом поїздів по забороняючому показанню світлофорів», «Відправлення поїздів по забороняючому показанню світлофорів», «Порушення ТРА

станції, ІДП, ПТЕ, Інструкцій» та «Порушення ведення документації», а отже заходи щодо підвищення безпеки руху на станції мають бути спрямовані на мінімізацію цих порушень. Проте стрімке зростання технічного ризику не дозволяє залишати без уваги і питання реалізації заходів технічного характеру.

Виконана оцінка адекватності математичної моделі оцінки ризиків за апріорними, апостеріорними значеннями та інтегральною оцінкою, що призначена для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті під час технічного аудиту за критерієм Фішера (з використанням MS Excel), показала достатню збіжність існуючих та прогнозованих результатів, при цьому помилка при визначенні за даною моделлю не перевищує 11,5 %, що підтверджує можливість її застосування.

Також удосконалено експлуатаційну модель управління ризиками (з прогнозуванням кількості порушень безпеки руху (транспортних подій)) на наступний період при варіюванні показників продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат. Отримані результати дозволяють визначити фактор найбільшого впливу на число порушень безпеки руху, яким є продуктивність праці; середнього впливу задають інвестиційні вкладення та найменшого – експлуатаційні витрати. Крім цього, встановлено наступні залежності:

- збільшення інвестиційних вкладень призводить до зменшення кількості транспортних подій, а отже підвищення рівня безпеки руху;

- збільшення експлуатаційних витрат не призводить до зменшення кількості транспортних подій, принаймні на рівні показників приведених в роботі.

Отримана експлуатаційна модель управління ризиками є адекватною, оскільки коефіцієнт детермінації дорівнює 0,9945, що вказує на тісний зв’язок між досліджуваними показниками. При цьому середня відносна помилка для отриманої експлуатаційної моделі склала величину, рівну 12,3%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, приведених у дисертаційній роботі, вирішено наукову задачу з формування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті. На основі запропонованих підходів і розроблених математичних моделей можна визначити та спрогнозувати ризики для подальшого контролю, забезпечення та підвищення безпеки руху на залізницях, а також впровадити дієвий інструмент зовнішнього контролю безпеки руху незалежними суб'єктами ринку залізничних перевезень. Загалом по роботі можна зробити наступні висновки.

1. Аналіз становлення та змін умов функціонування залізничного транспорту України показав, що разом з добре розвиненою залізничною інфраструктурою, Україна отримала у спадок добре налаштовану систему управління безпекою руху. Підвищена увага до питань забезпечення безпеки на українських залізницях з боку науковців та практиків сприяла підтримці досить високого ступеня ефективності існуючої системи. Проте необхідно звернути особливу увагу на те, що одними з основних принципів, які одночасно можна розглядати і як запоруку ефективності системи, є централізований підхід до забезпечення безпеки, пріоритет безпеки руху перед експлуатаційними показниками та перед економічною доцільністю. Досліджуючи передумови формування методів та потенційні інструменти зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті, з урахуванням сучасних наукових розробок, установлено, що основою може бути технічний аудит. На основі аналізу особливостей та ефективності застосування технічного аудиту в інших секторах економіки, показано доцільність його застосування на залізничному транспорті.

2. Для виконання дослідження обрані методи, визначено об'єкт та предмет. Проведено дослідження показників безпеки руху передбачених діючим Положенням та тих, що відображаються АТ «Українська залізниця» в

щорічних звітах, яке показало відсутність комплексного показника безпеки руху. У результаті розробки методики проведення технічного аудиту для зовнішнього контролю безпеки руху розроблена система ризиків, яка включає інформацію про технічні відмови та порушення технології транспортного процесу з визначенням загального, інтегрального, локального, спеціального і точкового ризиків, що дозволяє при зовнішньому контролі більш точно характеризувати поточний та прогнозований стан безпеки руху на залізничному транспорті. Крім того, визначено поняття та мету проведення технічного аудиту, як методу зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті.

3. У результаті проведених теоретичних досліджень методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті розроблено математичну модель оцінки ризиків за апріорними, апостеріорними значеннями та інтегральною оцінкою, що призначена для зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті під час технічного аудиту, на основі якої може бути надана комплексна характеристика безпеки руху, встановлення можливих загроз та прогнозування ризиків. Також отримано математичну модель для визначення та прогнозування потенційного (критичного) поля небезпеки при зовнішньому контролі безпеки руху на залізничному транспорті, яка дозволяє визначити заходи або невідкладні дії щодо усунення можливих загрозливих ситуацій у транспортних процесах.

4. Виконані експериментальні дослідження практичного застосування методів зовнішнього контролю безпеки руху на залізничному транспорті дозволили розрахувати апостеріорні та апріорні ризики, у т.ч. на основі моделі інтегральної оцінки стану безпеки руху на залізниці, яка включає кількість транспортних подій, кількість нещасних випадків на виробництві та кількість порушень, що були виявлені ревізорами з безпеки руху. Дана модель являє собою комплексну величину, що призначена для оцінювання загального рівня безпеки руху в процесі проведення технічного аудиту.

Також отримано експлуатаційну модель управління ризиками, яка включає показники інвестицій та експлуатаційних витрат, що враховує продуктивність праці, яка дозволяє більш точно здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху на залізничному транспорті та здійснювати управління ризиками при зовнішньому контролі. Дана модель дозволяє здійснювати прогноз кількості порушень безпеки руху (транспортних подій) на необхідний період, а при варіюванні показниками продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат здійснювати управління ризиками. Для розроблених і удосконалених моделей була виконана оцінка адекватності. Так, для математичної моделі оцінки ризиків транспортних процесів на залізницях, адекватність визначено за критерієм Фішера – помилка склала менше 11,5 %; для експлуатаційної моделі управління ризиками, коефіцієнт детермінації якої дорівнює 0,9945 – середня відносна помилка склала 12,3%; для моделі інтегральної оцінки, адекватність визначено за критерієм Пірсона – помилка не перевищує 8,7 %.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Andrić J.M. Identifying the Critical Risks in Railway Projects Based on Fuzzy and Sensitivity Analysis: A Case Study of Belt and Road Projects / J.M. Andrić, J. Wang, R. Zhong // Sustainability, MDPI, Open Access Journal. 2019. – Vol. 11(5). – P. 1-18.
2. Ann M. An Intelligent Railway Safety Risk Assessment Support System for Railway Operation and Maintenance Analysis / M. Ann, W. Lin, S. Huang // The Open Transportation Journal. 2013. – №7. – P. 27-42. DOI:10.2174/1874447801307010027.
3. Berrado A. A Framework for Risk Management in Railway Sector: Application to Road-Rail Level Crossings / A. Berrado // The Open Transportation Journal. 2011. – №5. – P. 34-44. DOI:10.2174/1874447801105010034.
4. Bobrovskiy V. Functional simulation of railway stations on the basis of finite-state automata / V. Bobrovskiy, D. Kozachenko, R. Vernigora // Transport Problems, Vol. 9, Issue 3 – The Silesian University of Technology, Faculty of Transport, Katowice, Poland. 2014 – P. 57-66.
5. Bodnar B. Determination of Integrated Indicator for Analysis of the Traffic Safety Condition for Traction Rolling Stock / B. Bodnar, Ya. Bolzhelarskyi, O. Ochkasov, [et al.] // Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems (ITELMS'2018). The 12th International Scientific Conf. April 26–27.2018. Panevėžys. Kaunas University of Technology. Panevėžys, P. 45–54.
6. Börcsök J. Functional Safety – Basic Principles of Safety – Related Systems / J. Börcsök // Huthig Gmbh & Co. KG Heidelberg, Germany, 2007.
7. Bulakh M. Operational model of risk management during the technical audit of traffic safety of railway transport / M. Bulakh, A. Okorokov // Österreichisches Multiscience Journal (Innsbruck, Austria), vol. 1, №28, 2020, P. 50-55.

8. Bulakh, M. Zarządzanie ryzykiem systemów logistycznych na podstawie analizy wielowymiarowej / M. Bulakh// Monografia «Materiały, Technologie, Konstrukcje 1», Tom 1 «Predykcja w układach mechanicznych i automatycznych 2020 – modelowanie matematyczne i statystyczne» redakcja Janusz Weiss, Rozdział 3, Wydawnictwo – Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. – Rzeszów. – 2020. – S. 73-97.

9. Cole-Baker J.R. The role of the independent technical audit in raising finance / J.R. Cole-Baker, G.J. Bowyer // The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. – 1998. – № 6. – P. 317-326.

10. Dailydka S. Modeling the interaction between railway wheel and rail / S. Dailydka, L. Lingaitis, S. Myamlin, V. Prichodko // Transport. 2008. – № 23(3). – P. 236–239.

11. Ergai A. Assessment of the Human Factors Analysis and Classification. System (HFACS): Intra-rater and inter-rater reliability / T. Cohen, J. Sharp, S. Shappell, [et al.] // Safety science. 2016. – №82. – P. 393–398.

12. Figueres E. M. Big Data for Risk Analysis: the future of safe railways / E.M. Figueres, P.Hughes, C. Gulijk // XII Congreso de ingeniería del transporte. 7, 8 y 9 de Junio, Valencia (España). – Editorial Universitat Politècnica de València. – 2016. – P. 347-353. doi.org/10.4995/CIT2016.2016.1825.

13. Grenčík J. Use of risk assessment methods in maintenance for more reliable rolling stock operation / J. Grenčík, R. Poprocký, J. Galliková, P. Volna // MATEC Web of Conferences 157. 2018. doi.org/10.1051/matecconf/201815704002.

14. Guriev S. (Un) Happiness in Transition / S. Guriev, E. Zhuravskaya // Journal of Economic Perspectives. 2009. – № 23 (2). – P. 143-168.

15. Hadj-Mabrouk H. Contribution of Artificial Intelligence to Risk Assessment of Railway Accidents / H. Hadj-Mabrouk // Urban Rail Transit. 2019. – Vol. 5. – Is. 2. – P. 104-122. doi.org/10.1007/s40864-019-0102-3.

16. Houdijk R. M. Rail Transport of Hazardous Substances from the Perspective of ‘All Hazard’ Risk Management / R. M. Houdijk // Chemical

engineering transactions. 2016. – Vol. 48. – P. 949-954. DOI: 10.3303/CET1648159.

17. Jamshidi A. A Big Data Analysis Approach for Rail Failure Risk Assessment / A. Jamshidi, S. Faghih-Roohi, S. Hajizadeh [et al.] // Risk Analysis. 2017. – Vol. 37. – № 8. – P. 1495-1507. DOI:10.1111/risa.12836.

18. Kołowrocki K. Reliability and Safety of Complex Technical Systems and Processes: Modeling-Identification-Prediction- Optimization / K. Kołowrocki, J. Soszycska-Budny. – London : Springer, 2011. – 405 p. DOI: 10.1007/978-0-85729-694-8.

19. Kuo W. An annotated overview of system reliability optimization / W. Kuo, V. R. Prasad // IEEE Transactions on Reliability. 2000. – Vol. 49(2). – P. 176–187.

20. Kuo W. Optimal Reliability Modeling: Principles and Applications / W. Kuo, M. J. Zuo. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2003. – 559 p.

21. Leitner B. A general model for railway systems risk assessment with the use of railway accident scenarios analysis / B. Leitner // Procedia engineering. 2017. – №187. – P. 150-159. DOI.ORG/10.1016/J.PROENG.2017.04.361.

22. Li Q. Quality risk management model for railway construction projects / Q. Li, R. Liu, J. Zhang, Q. Sun // Procedia Engineering. 2014. – №84. – P. 195-203. doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.426.

23. Licciardello R. Limits and opportunities of risk analysis application in railway systems / R. Licciardello, A. Baldassarra, P. Vitali, [et al.] // Transactions on The Built Environment. 2013. – Vol 134. – P. 133-144. doi:10.2495/SAFE130131.

24. Ma O. A safety related perspective for the power supply systems in railway industry / O. Ma, K. Ot, A. Koyun // Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability. 2017. – №19 (1). – P. 114-120. doi.org/10.17531/ein.2017.1.16.

25. Macii D. A safety instrumented system for rolling stocks: Methodology, design process and safety analysis / D. Macii, S. Dalpez,

R. Passerone, [et al.] // Measurement. 2015. – №67. – P. 1–13. http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.01.002.

26. Magott J. Timing analysis of safety properties using fault trees with time dependencies and timed state-charts / J. Magott, P. Skrobanek // Reliability Engineering & SystemSafety. 2012. – №97(1). P. 14–26.

27. Matusevich O. Railway transport risk management and insurance / O. Matusevich, V. Bobyl, O. Chornovil // Financial and credit activity: problems of theory and practice. – Kharkiv. 2018. – Vol. 2, № 25. – P. 128 – 138.

28. Misita M. A combining genetic learning algorithm and risk matrix model using in optimal production program / M. Misita, G. Sebzssia, M. Milovanović // Journal of Applied Engineering Science №10 (3), P. 147-152.

29. Okorokov A. Proposals for improving the process of forming programs of reforming the railway transport industry / A. Okorokov, M. Bulakh // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2018. – №2 (74). – P. 57-66.

30. Otto A. Risk reduction partnerships in railway transport infrastructure in an alpine environment / A. Otto, P. Kellermann, A.H.Thieken, M. Máñez Costa, M. Carmona, P. Bubeck // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2019. – №33. – P. 385-397. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.025

31. Pablo-Marti F. An agent-based model of population dynamics for the European regions / F. Pablo-Marti, J.S. Santos, J. Kaszowska // Emergence: Complexity and Organization. 2015. – Vol. 17. – № 2.

32. Paterson W. D. O. Making inroads on corruption in the transport sector trough control and prevention / W. D. O. Paterson, P. Chaudhuri // The many faces of corruption: tracking vulnerabilities at the sector level, edited by J. Edgardo Campos, Sanjay Pradhan. – The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank. – Washington. – 2007. – 435 p.

33. Patil M. Ranking of risk in railway projects / M. Patil , R. D. Shinde, S. S. Hailkar // International journal of engineering sciences & research technology. 2017. – № 6(6). – P. 472-476. doi:10.5281/zenodo.814794.

34. Pawlik M. Control command systems impact on the railway operational safety / M. Pawlik // Наука та прогрес транспорту. 2015. – № 2 (56). – С. 58–64. doi: 10.15802/stp2015/42160.

35. Peng Z. Risk Assessment of Railway Transportation Systems using Timed Fault Trees / Z. Peng, Y. Lu, A. Miller, [et al.] // Quality and Reliability Engineering. 2016. – №32. P. 181-194. DOI 10.1002/qre.1738.

36. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., 2005a, Id-1 (D-1) Warunki techniczne utrzymywania nawierzchni na liniach kolejowych, Warszawa. [Електронний ресурс]: – Режим доступу – https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Akty_prawne_i_przepisy/Instrukcje.

37. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., 2005b, Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej Id-8, Warszawa. [Електронний ресурс]: – Режим доступу – https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Akty_prawne_i_przepisy/Instrukcje.

38. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., 2005c, Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów Id-14 (D-75), Warszawa. [Електронний ресурс]: – Режим доступу – https://www.plk-sa.pl/files/public/user_upload/pdf/Akty_prawne_i_przepisy/Instrukcje.

39. Rausand M. System Reliability Theory: Models, Statistical Methods and Applications / M. Rausand, A. Høyland // Hoboken: John Wiley. 2004.

40. Rekabi M. M. Bayesian Safety Analysis of Railway Systems with Driver Errors / M. M. Rekabi // Publisher NTNU – 2018. https://ntnuopen.ntnu.no/ntnuxmlui/bitstream/handle/11250/2561322/19177_FULLTEXT.pdf?sequence=1.

41. Sasidharan M. A Review of Risk Management Applications for Railways / M. Sasidharan, M. Burrow, G. Ghataora, T. Eskandari // 14th International Conference of Railway Engineering. 2017. Edinburgh. DOI 10.25084/raileng.2017.0065.

42. Serpell A. Evaluating risk management practices in construction organizations / A. Serpell, X. Ferrada, L. Rubio, S. Arauzo // Procedia Soc. Behav. Sci. 2015. – №194. – P. 201–210.

43. Smoczyński P. Introduction to the risk management in the maintenance of railway tracks / P. Smoczyński, A. Kadziński // Journal of mechanical and transport engineering. 2016. – Vol. 68, № 4. – P. 65-80. DOI 10.21008/j.2449-920X.2016.68.4.06.

44. Stažnik A. Identification and analysis of risks in transport chains / A. Stažnik, D. Babić, I. Bajor // Journal of Applied Engineering Science. 2017. – Vol. 151. – P. 61-70. doi:10.5937/jaes15-12179.

45. Strelko, O. Railway construction in the Russian Empire (1836—1917): the origin and development / O. Strelko // Збірник наукових праць НТУУ «КПІ», Державний політехнічний музей. Дослідження з історії техніки. 2014. С. 50-56.

46. Sun J. Application of risk management «a figure four table method» in Anqing in the Yangtze River bridge project / J. Sun // Railway engineering construction management of exploration and practice. Shanghai Railway Bureau. Beijing: Tsinghua University press. 2013. – P. 49−56.

47. Tenea D. Risk management in operating activities of industrial railways / D. Tenea, D. Vintila // 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference of Modern Management of Mine Producing, Geology andEnvironmental Protection. – Albena, Bulgaria. 2013. – Book 5, Vol. 2. – P. 255-262. doi: 10.5593/SGEM2013/BE5.V2/S21.034.

48. Vercellis S. Business Intelligence: Data Mining and optimization for decision making / S. Vercellis. – Hoboken : John Wiley & Sons. 2009. – 417 p.

49. Yi-Ronald K.W. The concept of operations assurance and application in railway / K.W. Yi-Ronald, C.M. Lam // Proceedings of the 1st International Workshop on High-Speed and Intercity Railways. – Hong Kong, Springer Science & Business Media. – 2012. – P.455-466.

50. Zhu W. The Research on Safety Management Information System of Railway Passenger Based on Risk Management Theory / W. Zhu, Y. Jia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. – №108 (042067). doi:10.1088/1755-1315/108/4/042067.

51. Акимов В. А. Надежность технических систем и техногенный риск / В. А. Акимов. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс». 2002. – 368 с.

52. Александрова Н.Н. Проблемы социально-экономического развития Сибири / Н.Н. Александрова // Интегральная оценка угроз социально-экономической безопасности жилищно-коммунального хозяйства Тюменской области. 2019. – № 4. – С. 9-14.

53. Аналіз господарської діяльності: теорія, методика, розбір конкретних ситуацій / за ред. К.Ф. Ковальчука та ін. – Київ: ЦУЛ. 2012. – 325 с.

54. Бакаєв Л. О. Управління ризиками на залізничному транспорті / Л. О. Бакаєв, О.О. Карась // Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте – ЭКУЖТ 2014: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – К.: ГЭТУТ, 2014. – с. 287.

55. Бараш Ю. С. Основні моделі реформування залізничного транспорту в Європі / Ю. С. Бараш, Т. Ю. Чаркіна // Вісн. економіки транспорту і промисловості : зб. наук. пр. УкрДАЗТ. 2014. – № 42. – С. 263-270.

56. Березуцький В. В. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/В.В. Березуцький, М.І. Адаменко – Харків. : ФОП Панов А. М., 2016. – 385 с.

57. Бобровський В.І. Базова модель колійного розвитку в імітаційних моделях залізничних станцій / В.І. Бобровський, Д.М. Козаченко, Р.В. Вернигора //Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Серія «Удосконалення вантажної і комерційної роботи на залізницях України». 2004. – Вип. 62. – С. 20-25.

58. Болжеларський Я. В. Проблемні питання безпеки руху у міжнародних вантажних залізничних перевезеннях / Я. В. Болжеларський // Транспортні системи і технології перевезень. Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. 2019. – № 18. – С. 5–15. DOI: 10.15802/TSTT2019/182576.

59. Босов А. А. Методика попередньої оцінки варіантів структурної реформи залізничного транспорту України / А. А. Босов, Ю. С. Бараш, Н. А. Мухіна // Залізничний транспорт України. 2006. – № 1. – С. 14–19 .

60. Брабанд Й. Коллективный риск, индивидуальный риск и их зависимость от времени / Й. Брабанд, Х. Шебе // Надежность. 2011. – №4. – С. 69-77.

61. Брусенцов В. Г. Надежность железнодорожных операторов как фактор безопасности движения / В. Г. Брусенцов, М. И. Ворожбиян, А. В. Гончаров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2009. – № 2. – С. 68-72.

62. Буканов М.А. Безопасность движения поездов (в условиях нарушения нормальной работы устройств СЦБ и связи) / М.А. Буканов – М.: Транспорт, 1990.-112 с.

63. Булах М. Удосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізниці / М. Булах // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2020. - №3. – С. 138-146.

64. Важинський С.Е. Методика та організація наукових досліджень : Навчальний посібник / С. Е. Важинський, Т І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 260 с.

65. Васильев И.И. Зависимость коммерческой скорости движения поездов от технических элементов и работы железнодорожных участков. – Петроград: Типолитография Петроградского Округа Путей Сообщения, 1918.-62 с.

66. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад і головна редакція В. Т. Бусел. – К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2005. – 1728 с.

67. Вернигора Р.В. Моделирование работы систем станционной автоматики в эргатических имитационных моделях железнодорожных станций / Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый, В. В. Малашкин // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія «Транспортні системи і технології перевезень». 2011. – Вип. 2.– С. 31-37.

68. Відомості про відкриття кримінальних проваджень щодо закупівлі неякісної продукції ПАТ «Українська залізниця» 2016-2017 роки [Електронний ресурс]: Служба безпеки України – Режим доступу – http://www.ssu.gov.ua.– Назва з екрана. – Перевірено: 11.07.2020.

69. Возняк О. М. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах / О. М. Возняк, В. І. Гаврилюк // Монографія. Дніпро: ДНУЗТ. 2019. 282 с. ISBN 978-966-8471-89-6.

70. Возняк О. М. Методи, заходи та засоби підвищення безпеки руху на залізничних переїздах / О. М. Возняк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2015. – №9. – С. 65-75.

71. Возняк О. М. Оцінка стану безпеки руху на залізничних переїздах / О.М. Возняк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2015. – № 10. – С. 69-76. DOI: 10.15802/ecsrt2015/73859.

72. Годович Л.М., Безопасность движения поездов: (В условиях реконструкции станции). / Л.М. Годович, В.К. Тюрин – М.: Транспорт, 1988. –136 с.

73. Гудкова В.П., Тютюн Ю.О. Структурно-функціональний аналіз державного регулювання розвитку залізничного транспорту / В.П. Гудкова, Ю.О. Тютюн // Залізничний транспорт. Серія «Економіка і управління». 2015. – Вип. 33. – С. 70–77.

74. Давыдова, Ю.В. Методология оценки экономической безопасности региона / Ю.В.Давыдова // Московский экономический журнал. 2017. – № 3. – С. 58.

75. Дем'янченко А. Г. Організаційно-економічні заходи підвищення ефективності діяльності державних стивідорів в морських портах України / А. Г. Дем'янченко, О. П. Коваль // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті : зб. наук. пр. Одес. нац. мор. ун-т. – Одеса. 2015. – Вип. 3 (52). – С. 41–58.

76. Дєгтяр А.О. Державне регулювання залізничного транспорту як природної монополії / А.О. Дєгтяр // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука» // Державне управління. 2017. – № 2 (24). – 1 т.

77. Дикань В.Л. Удосконалення механізмів державного управління розвитком залізничної галузі України у євроінтеграційному просторі / В.Л. Дикань, Г.Є. Островерх // Вісник економіки транспорту і промисловості : збірник наукових праць. 2018. – № 62. – С. 11–19.

78. Дикань В.Л. Удосконалення організаційної структури залізничного комплексу України в сучасних умовах / В.Л. Дикань, І. Данько, М.В. Кондратюк // Монографія. Харків : УкрДАЗТ, 2010. 190 с.

79. Документація процедури закупівлі ПАТ «Укргазвидобування»: «70.22.1 – Послуги консультаційні щодо керування підприємствами (Технічний аудит та технічна підтримка ПАТ «Укргазвидобування»)» затв. протоколом засідання комітету з конкурсних торгів від 27серпня 2015 р. № 15П-055-з, [Електронний ресурс], Режим доступу – http://ugv.com.ua/wp-content/uploads.

80. Економічний аналіз і діагностика стану сучасного підприємства / Т. Д. Костенко, Є. О. Підгора, В. С. Рижиков, В. А. Панков. – 2-ге вид., перероб. та доп. – Київ: ЦУЛ, 2007 . – 398 с.

81. Журавель К.В. Сутність та класифікація ризиків при транспортному обслуговуванні на залізничному транспорті / К.В. Журавель //

Вісник національного університету «Львівська політехніка» Проблеми економіки та управління. 2008. – № 628. – С. 95-101.

82. Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава: Програма економічних реформ на 2010–2014 рр. від 02.06.2010 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/file/docs/5/d325760.pdf. – Назва з екрана. – Перевірено: 1.06.2020.

83. Замышляев А. М. Метод управления надежностью и функциональной безопасностью объектов железнодорожного транспорта на основе оценки рисков / А. М. Замышляев, А. О. Ермаков, Е. О. Новожилов // Надежность. 2012. – №4. – С. 149-157.

84. Замышляев А. М. Построение и использование матриц рисков в системе управления рисками на железнодорожном транспорте / А. М. Замышляев, В. А. Гапанович, И. Б. Шубинский // Надежность. 2011. – №4. – С. 56-68.

85. Замышляев А. М. Система управления рисками / А.М. Замышляев // Мир транспорта. 2011. – №5. – С. 24-32.

86. Замышляев А. М. Экономические критерии принятия решений о замене основных средств на основе методологии УРРАН / А. М. Замышляев, М. Ю. Рачковский, М. С. Никифорова // Экономика железных дорог. 2012. – №12. – С. 11-22.

87. Илларионов А. Н. Критерии экономической безопасности / Илларионов А. Н. // Вопросы экономики. 2014. – № 10. – С. 35-58.

88. Каличева Н.Є. Напрями реалізації потенціалу підприємств залізничного транспорту в сучасних умовах / Н.Є. Каличева // Стійкий розвиток в умовах соціально-орієнтованої економіки: Колективна монографія за ред. Прохорової В.В. – Харків: «Смугаста типографія». 2016. – 365 с.

89. Карась О. Класифікація ризиків залізничного транспорту / О. Карась // Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Економіка і управління». 2014. – № 29. – С. 95-103.

90. Кацман М.Д. Методологічні основи організації управління екологічною безпекою при ліквідації наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті / М.Д. Кацман // Дис. д-ра техн. наук: 21.06.01. Київ, 2018. – 420 с.

91. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. Національний стандарт України. ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 / Київ. Мінекономрозвитку України. – 2015. – 74 с.

92. Кіндрацька Г.І. Економічний аналіз. Теорія і практика / Г.І. Кіндрацька, М.С. Білик, А.Г. Загородній. – Львів: Магнолія-2006, 2008. – 439 с.

93. Клок, Є. М. Удосконалення інтермодальних перевезень в умовах узгодженої роботи залізничного та морського транспорту / Є. М. Клок // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2017. – № 169. – С. 82-87.

94. Коноваленко Ю. Джерела та фактори транспортного ризику при здійсненні вантажних перевезень автомобільним транспортом / Ю. Коноваленко // Галицький економічний вісник. 2013. – №2 (41). – С. 10-20.

95. Корнійчук М. Ризик і надійність. Економіко-стохастичні методи й алгоритми побудови та оптимізації систем : монографія / М. Корнійчук, І. Совтус. – К. : КНЕУ, 2000. – 212 с.

96. Костерев, В. В. Надежность технических систем и управление риском: учебное пособие / В. В. Костерев. – М.: МИФИ. – 2008 – 280 с.

97. Коськовецький, В.М. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2015 рік / В.М. Коськовецький, Д.І. Міков, О.В. Тищенко., І.А. Сулицька, Д.Є. Саламатнікова / Київ. – 2016. – 150 с.

98. Коцібан, Ю. О. Удосконалення технології роботи прикордонної передавальної станції в умовах різної ширини колії / Ю. О. Коцібан // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2014. – № 146. – С. 55-60.

99. Кривенко О. Б. Прогнозирование и оценка риска : учеб. пособие / О. Б. Кривенко, Г. В. Мигаль, В. В. Гайдукова. – Харьков : НАУ «ХАИ», 2003. – 44 с.

100. Кужель А.Л. Развитие теории и практики разработки графика движения поездов / А.Л. Кужель, Л.А. Осьминин // Железнодорожный транспорт. 2012. – №3. – С. 6-13.

101. Кузишин А. Я. В. Аналіз існуючих підходів щодо розрахунку критеріїв безпеки руху на залізничному транспорті / А. Я. Кузишин, А.В. Батіг // Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2018. – Vol 4 (6). – P. 50–56. DOI: 10.30837/2522-9818.2018.6.050.

102. Лисенков В.М. Безопасность технических средств в системах управления движением поездов / В.М. Лисенков – М.: Транспорт, 1992 – 192 с.

103. Лисенков В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов. – М.: ВИНИТИ РАН, 1999. – 330 с.

104. Лужицький О. Ф. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах / О. Ф.Лужицький // Українська залізниця. 2016. – № 7. – С. 52-56.

105. Макаренко Л. М. Вплив людського чинника на безпеку руху залізничного транспорту / Л. М. Макаренко // Залізничний транспорт України. 2010. – № 1. – С. 46-51.

106. Макаренко М. В. Системний підхід до реформування залізничного транспорту України / М. В. Макаренко, Ю. М. Цвєтов // Проблемы экономики и упр. на ж.-д. трансп. : материалы II Международной научн.-практической конф. – Киев : КУЭТТ, 2007. – С. 5−18.

107. Методика оценки показателей процессов, влияющих на безопасность движения на основе оценки рисков [Електронний ресурс], Режим доступу – http://oac.rgotups.ru/misc/files/39.4.5.pdf.

108. Методика проведения технического аудита безопасности движения в структурных подразделениях ОАО «РЖД» утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 21 сентября 2011 г. № 2068 р.

109. Окороков А. М. Визначення області задач технічного аудиту в процесі управління технічними ризиками на залізничному транспорті / А. М. Окороков, М. О. Булах // Тези 79-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Дніпро. – 2019. – С. 159-161.

110. Окороков А. М. Інтегральна оцінка стану безпеки руху поїздів на залізниці під час технічного аудиту / А. М. Окороков, М. О. Булах // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2019. – № 5 (83). – С. 99-107.

111. Окороков А. М. Незалежний технічний аудит об'єктів залізничного транспорту / А. М. Окороков, М. О. Булах // Тези II-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Енергооптимальні технології перевізного процесу». – Львів. – 2017. – С. 87-88.

112. Окороков А. М. Особливості аналізу безпеки руху на залізничному транспорті України / А. М. Окороков, М. О. Булах // Тези 78-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Дніпро. – 2018. – С. 156-158.

113. Окороков А. М. Технічний аудит – сучасний та перспективний шлях підвищення безпеки у вагонному господарстві / А. М. Окороков, М. О. Булах // Вагонний парк. 2018. – № 6 (138). – С. 22-24.

114. Окороков А.М. Розширення цілей практичного застосування технічного аудиту на підприємствах залізничного транспорту / А.М. Окороков, М.О. Булах // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2017. – № 6 (72). – С. 30-39.

115. Остапюк, Б. Я. Удосконалення конструкції розсувних колісних пар / Б. Я. Остапюк, О. М. Пшінько, С. В. Мямлін, О. М. Савчук // Залізничний транспорт України. 2014. – №5 (108). – С. 31-35.

116. Панченко О. І. Класифікація ризиків на залізничному транспорті як основа формування системи економічної безпеки його функціонування /

О. І Панченко // Збірник наук. пр. ДЕТУТ. Серія «Економіка та управління». Київ: ДЕТУТ. 2012. – № 19. – С. 84–92.

117. Петренко Е. А. Реформирование железнодорожного транспорта Украины : теория, проблемы, пути решения : монография / Е. А. Петренко; НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2011. – 358 с.

118. Пилипенко, С.В. Технічний аудит – об'єктивна оцінка технічних можливостей виробника / С.В. Пилипенко, Е.С. Краснокутський // Залізничний транспорт України. 2016. – № 3-4 (118-119). – С. 93-96.

119. Підсумки перевірок суб'єктів господарювання у сфері залізничного транспорту щодо дотримання ними вимог законодавства, норм і стандартів у 2016 році [Електронний ресурс]: Аналітична інформація – Режим доступу – http://dsbt.gov.ua/storinka/derzhavnyy-kontrol-na-zaliznychnomu-transporti.

120. Піх Б. П. Надійність людського чинника як основа безпеки руху / Б.П. Піх, В. П. Думський // Медицина залізничного транспорту України. 2004. – № 3. – С 60-61.

121. Погорєлов І. М. Методика проведення технологічного аудиту інноваційної діяльності / І. М. Погорєлов, М. І. Погорєлов // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер. : Економічні науки. – Харків : НТУ «ХПІ». 2016. – № 47 (1219). – С. 54-63.

122. Пономаренко О. В. Перспективи поліпшення технічного стану вагонного парку на залізницях України / О. В. Пономаренко // Наука та прогрес транспорту. 2017. – № 1 (67). – С. 88-95.

123. Почечун О. І. Проблеми класифікації ризиків транспортного обслуговування пасажирів / О. І. Почечун, В. В. Железняк // Економіка. Фінанси. Право. 2014. – №6. – С. 13–15.

124. Про аудит фінансової звітності та аудиторську діяльність [Електронний ресурс]: Закон України від 21.12.2017 № 2258-VIII. – Режим доступу – https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2258-19.

125. Про безпеку залізниць у Співтоваристві, яка вносить зміни до Директиви Ради 95/18/ЄС про ліцензування підприємств залізничного транспорту та до Директиви 2001/14/ЄС про розподіл потужностей залізничних інфраструктур та стягнення платежів за використання залізничної інфраструктури та про сертифікацію безпеки [Електронний ресурс]: Директива 2004/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 29 квітня 2004 року – Режим доступу – доступу https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_953#Text.

126. Про внесення змін до Закону України «Про автомобільні дороги» щодо аудиту безпеки автомобільних доріг. [Електронний ресурс]: Проект Закону № 7320 від 17.11.2017. – Режим доступу – http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=62933

127. Про залізничний транспорт [Електронний ресурс]: Закон України від 04.07.1996 № 273/96-ВР. – Режим доступу – http://zakon3.rada.gov.ua/laws/card/273/96-вр.

128. Про залізничний транспорт України [Електронний ресурс]: Проект Закону від 05.05.2016 р. № 4593. – Режим доступу – http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=58982.

129. Про залізничний транспорт України [Електронний ресурс]: Проект Закону від 06.09.2019р. № 1196-1. – Режим доступу – https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=66737.

130. Про затвердження Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1390 – Режим доступу – http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-п.

131. Про затвердження плану заходів щодо виконання у 2008 році Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.06.2008 р. № 821-р. – Режим доступу – http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/821-2008-р.

132. Про затвердження плану заходів щодо виконання у 2009 році Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.04.2009 р. № 408-р. – Режим доступу – http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/408-2009-р.

133. Про затвердження Положення про класифікацію транспортних подій на залізницях України [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства інфраструктури України від 12.01.2012 № 12 – Режим доступу – http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0117-12.

134. Про затвердження Положення про класифікацію транспортних подій на залізничному транспорті, Наказ Міністерства інфраструктури України від 03.07.2017 № 235 [Електронний ресурс] // Офіційний веб-портал Верховної Ради України. – 2017. – Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0904-17/page.

135. Про затвердження Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства інфраструктури України від 01.04.2011 № 27 – Режим доступу – http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0729-11.

136. Про затвердження Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2013 р. № 494. – Режим доступу – http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-п.

137. Про затвердження Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.12.2015 р. № 1194. – Режим доступу – http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-п.

138. Про затвердження Тимчасового положення про порядок допуску приватних локомотивів до роботи окремими маршрутами на залізничних коліях загального користування. [Електронний ресурс]: Наказ

Мінінфраструктури від 04.03.2020 № 191, зареєстрований в Мін'юсті 16 березня 2020 р. за № 278/34561 – Режим доступу – https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0278-20#Text

139. Про особливості створення державного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування [Електронний ресурс]: Закон України від 23.02.2012 р. № 4442-VI. – Режим доступу – http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/4442-17.

140. Про реалізацію експериментального проекту щодо допуску приватних локомотивів до роботи окремими маршрутами на залізничних коліях загального користування. [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.12.2019 № 1043 – Режим доступу – https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1043-2019-%D0%BF#Text.

141. Про схвалення Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.12.2006 р. N 651-р. – Режим доступу – http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/651-2006-р.

142. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р. – Режим доступу – http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-р.

143. Про технічні регламенти та оцінку відповідності [Електронний ресурс]: Закон України від 15.01.2015 № 124-VIII. – Режим доступу – http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/124-19.

144. Про тимчасові особливості здійснення заходів державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності. [Електронний ресурс]: Закон України від 03.11.2016№ 1728-VIII. – Режим доступу – https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1728-19/paran7/sp:max10.

145. Про утворення Комісії Міністерства інфраструктури України з відбору учасників експериментального проекту щодо допуску приватних локомотивів до роботи окремими маршрутами на залізничних коліях

загального користування та дільниць залізничних колій загального користування для здійснення курсування приватних локомотивів, а також для моніторингу реалізації експериментального проекту. [Електронний ресурс]: Наказ Мінінфраструктури від 14.04.2020 № 233. – Режим доступу – https://mtu.gov.ua/documents/1737.html

146. Про утворення публічного акціонерного товариства «Українська залізниця» [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 25.06.2014 р. № 200 [станом на 11.08.2015]. – Режим доступу – http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/200-2014-п.

147. Програма проведення технічного аудиту ТОВ «Придніпровський центр технічного аудиту» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pridniprovskiy-centr-tehnichnogo-auditu.business-guide.com.ua.

148. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Михайла Коняка по основних показниках діяльності Державної служби України з безпеки на транспорті за 2016 рік [Електронний ресурс]: Режим доступу – http://dsbt.gov.ua/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-myhayla-nonyaka.

149. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Михайла Коняка за 2017 рік [Електронний ресурс]: Режим доступу – http://dsbt.gov.ua/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-myhayla-0.

150. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Михайла Коняка за 2018 рік [Електронний ресурс]: Режим доступу – http://dsbt.gov.ua/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-myhayla-1.

151. Рассоха І. М. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень» для студентів 5 курсу денної форми навчання освітнього-кваліфікаційного рівня «магістр» спеціальностей 8.050106, 8.03050901 «Облік і аудит», 8.050201 «Менеджмент організацій», 8.03060101 «Менеджмент організацій і адміністрування (за

видами економічної діяльності)» / І. М. Рассоха; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 76 с.

152. Рачинська А. В. Класифікація ризиків на залізничному транспорті як основа формування системи економічної безпеки його функціонування /А. В. Рачинська // Економіка і суспільство. 2016. – № 6. – С. 81-87.

153. Рачинська А. Оновлення рухомого складу – стратегічне завдання розвитку залізничного транспорту / А. Рачинська // Економіст. 2016. – №8. – С. 41-44.

154. Регламент (ЄС) 2016/796 Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016 року [Електронний ресурс]: Офіційний журнал Європейського Союзу №138/11. 26.5.2016 – Режим доступу – http://doszt.gov.ua/content/media/Reglament-796-UA.pdf.

155. Рейтинг логістичної ефективності Світового банку – Logistics Performance Index [Електронний ресурс]. – Режим доступу https://lpi.worldbank.org.

156. Ризики у транспортних процесах : навч. посібник / І. О. Ткаченко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 114 с.

157. Розсоха О.В. Аналіз і особливості існуючих наукових підходів щодо визначення рівня безпеки руху / О.В. Розсоха, Ю.В. Смачило // Збірник наукових праць ДЕТУТ. – Київ: ДЕТУТ. 2016. – Вип. 28. – С. 202–214.

158. Розсоха О.В. Аналіз функціонування систем управління безпекою руху поїздів на залізницях країн Євросоюзу / О.В. Розсоха, Ю.В. Смачило // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків : УкрДАЗТ. 2015. – Вип. 151. – С. 4–11.

159. Рябушенко О. В. Аналіз методів оцінки ризиків дорожньо-транспортних пригод / О. В. Рябушенко // Харків : НТУ «ХПІ». 2013. – № 38(1011). – С. 21-27.

160. Самсонкін В.М Безпека руху поїздів на залізничному транспорті. Ч.2: навч. посібник / М. Самсонкін, Т.О. Шалаєва, О.А. Абакумов та ін. - К.: КУЕТТ, 2005. – 109 с.

161. Самсонкін В.М. Безпека руху поїздів на залізничному транспорті. Ч.1: навч. посібник / В. М. Самсонкін, А.Б. Бойнік, О.Й. Соколов. К.: КУ-ЕТТ, 2005. – 181 с.

162. Самсонкін В.М. Теорія безпеки на залізничному транспорті: монографія / В.М.Самсонкін, В.І.Мойсеєнко. – К.: Видавництво «Каравела», 2014. − 248 с.

163. Сидоренко Г. Г. Людський чинник як основа безпеки руху залізничного транспорту: аналітичний огляд / Г. Г. Сидоренко, О.А. Никифорова // Транспортные системы и технологии перевозок. 2013. – №6. С. 10-14.

164. Сидоренко Г. Проблема забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах України / Г. Г. Сидоренко, О. А. Никифорова, Н. П. Рябцева // Транспортні системи та технології перевезень. 2014. – № 7. – С. 61-64.

165. Сокол Э.Н. Крушения железнодорожных поездов (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики) / Э.Н. Сокол // Монография – К, Феникс, 2007. –355 с.

166. Сокол Э.Н. Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики) / Э.Н. Сокол. – К.: Транспорт України, 2004. – 364с.

167. Соколов О. Й. Розробка методики оцінки рівня безпеки руху на залізничному транспорті / О. Й. Соколов // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Харків. – 2000.

168. Технічний аудит земельних ділянок під забудову та об’єктів нерухомості ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В. С. Балицького» [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

http://ndibv.kiev.ua/ua/archives/1225. – Назва з екрана. – Перевірено : 26.09.2017.

169. Травматизм на виробництві у 2010-2019 роки [Електронний ресурс]: Статистичний бюлетень Державної служби статистики України – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua.

170. Травматизм на виробництві. статистичні дані: динаміка за 12 місяців 2017 р. за галузям, динаміка за 12 місяців 2018 р. за галузями, динаміка за 12 місяців 2019 р. за галузями [Електронний ресурс]: – Режим доступу – http://dsp.gov.ua/statystychni-dani-vyrobnychoho-travma-2/.

171. Транспорт і зв'язок України – 2010 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

172. Транспорт і зв'язок України – 2011 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

173. Транспорт і зв'язок України – 2012 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

174. Транспорт і зв'язок України – 2013 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

175. Транспорт і зв'язок України – 2014 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

176. Транспорт і зв'язок України – 2015 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

177. Транспорт і зв'язок України – 2016 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

178. Транспорт і зв'язок України – 2017 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

179. Транспорт і зв'язок України – 2018 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/08/zb_tr2018pdf.pdf

180. Транспорт і зв'язок України – 2019 [Електронний ресурс]: Статистичний збірник. – Режим доступу – http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm.

181. Харченко Т. В. Стан безпеки руху при взаємодії різних видів транспорту / Т. В. Харченко // Вестник ХНАДУ. – Харків, ХНАДУ. 2010. – Вип. 50. – С. 93-96.

182. Хобта А.В. Строительство Транссиба: очерки истории (конец XIX - начало XX вв.) / А.В. Хобта. – Иркутск: НПФ Земля Иркутская, 2009. - 383 с.

183. Шапочка М. К. Сучасний стан та трансформація залізничного транспорту в умовах ринкових відносин / М. К. Шапочка, О. І. Рибіна // Економіка та управління національним господарством. Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. 2011. – №1(13). – С. 50-54.

184. Шевцов А.В. Сучасні аспекти класифікації внутрішнього аудиту в умовах імплементації міжнародно-правових норм / А.В. Шевцов, О.В. Щирська // Стратегія розвитку України: економічний та гуманітарний виміри: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – К.: «Інформаційно-аналітичне агентство». 2017. – С. 426-430.

185. Шраменко О. В. Концептуальні засади інфраструктурної безпеки на залізничному транспорті /О. В. Шраменко, Є. В. Хорошаєва // Вісн. економіки транспорту і промисловості : зб. наук.-практ. ст. Укр. держ. акад. залізн. трансп. 2017. – № 57. – С. 97–103.

186. Шубинский И. Б. Основные научные и практические результаты разработки системы УРРАН / И. Б. Шубинский, А. М. Замышляев // Железнодорожный транспорт. 2012. – №10.– С. 23-28.

187. Шубинский И. Б. Структурная надежность информационных систем / И. Б. Шубинский. – М.: «Журнал Надежность». – 2012. – 216 с.

188. Щегловитов В. Н. Теория графика движения поездов в связи с вопросом о составах. Ч. 1: Основные свойства коммерческого графика, 1909. - 422 с.

Додаток А

Аналіз змін, що відбулися у галузі залізничного транспорту України в результаті реформування

Після здобуття незалежності Україна, як одна з небагатьох країн колишнього Радянського Союзу, отримала у спадок добре розвинену залізничну інфраструктуру та відносно непогане матеріально-технічне оснащення залізниць. Проте, перехід до ринкової економіки та специфічні внутрішні особливості розвитку країни (зубожіння населення, зростання темпів міграції, зниження рівня природного приросту населення) вимагали швидкого пристосування та зміни організаційної і управлінської структури, а отже, реформування галузі. Внаслідок відсутності вказаних змін протягом 15 років (1991-2006 рр.) галузь продовжувала працювати за старими принципами, які не відповідали сучасним світовим тенденціям організації роботи залізничного транспорту, зробили її функціонування неефективним та ускладнили подальший розвиток.

Додатковими факторами, що сприяли занепаду галузі, стало швидке старіння основних фондів, несприятливий інвестиційний клімат та перехресне субсидування [11, 55, 76-78, 88, 106, 117, 183], наслідки яких наведені в табл. А.1.

На тлі такого становища в 2006 році були здійснені перші спроби реформування залізничного транспорту, що нормативно знайшли своє відображення в Концепції державної програми реформування залізничного транспорту, схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. №651-р, основні завдання якої приведені на рис. А.1.

Таблиця А.1 – Додаткові фактори, що сприяли занепаду галузі залізничного транспорту та їх наслідки

Фактор	Факти, що свідчать про його наявність	Наслідки
Прогресуюче старіння основних фондів	- загальний ступінь зносу основних фондів – 56%, у т. ч. рухомий склад – 68%; - потреба модернізації інфраструктури залізниць; - порушення термінів проведення ремонту колій – 30% загальної протяжності.	- обмеження швидкості руху поїздів; - створення реальної загрози безпеці руху та підвищення ймовірності виникнення техногенних катастроф.
Відсутність державної підтримки інноваційного розвитку галузі	- недосконалість законодавчої бази у частині залучення інвестицій.	- неможливість покращення технічного оснащення, оновлення рухомого складу та інфраструктури за рахунок інвестиційної складової.
Низькі тарифи на пасажирські перевезення та суспільні послуги, відсутність дієвого механізму компенсації збитків за їх надання	- перехресне субсидування пасажирських перевезень за рахунок вантажних.	- у 2005 році збитки від пасажирських перевезень перевищили 2 млрд. грн.

Реалізація задекларованих у Концепції [141] етапів реформування фактично не відбулась – необхідна нормативно-правова база так і не була створена, що унеможливило виконання і наступних заходів Таким чином, існуюча структура управління залізничним транспортом, стан виробничо-технічної бази залізниць і технологічний рівень організації перевезень за багатьма параметрами не були приведені у відповідність до зростаючих потреб суспільства та європейських стандартів якості надання транспортних

послуг, та значною мірою перешкоджали підвищенню ефективності функціонування галузі.

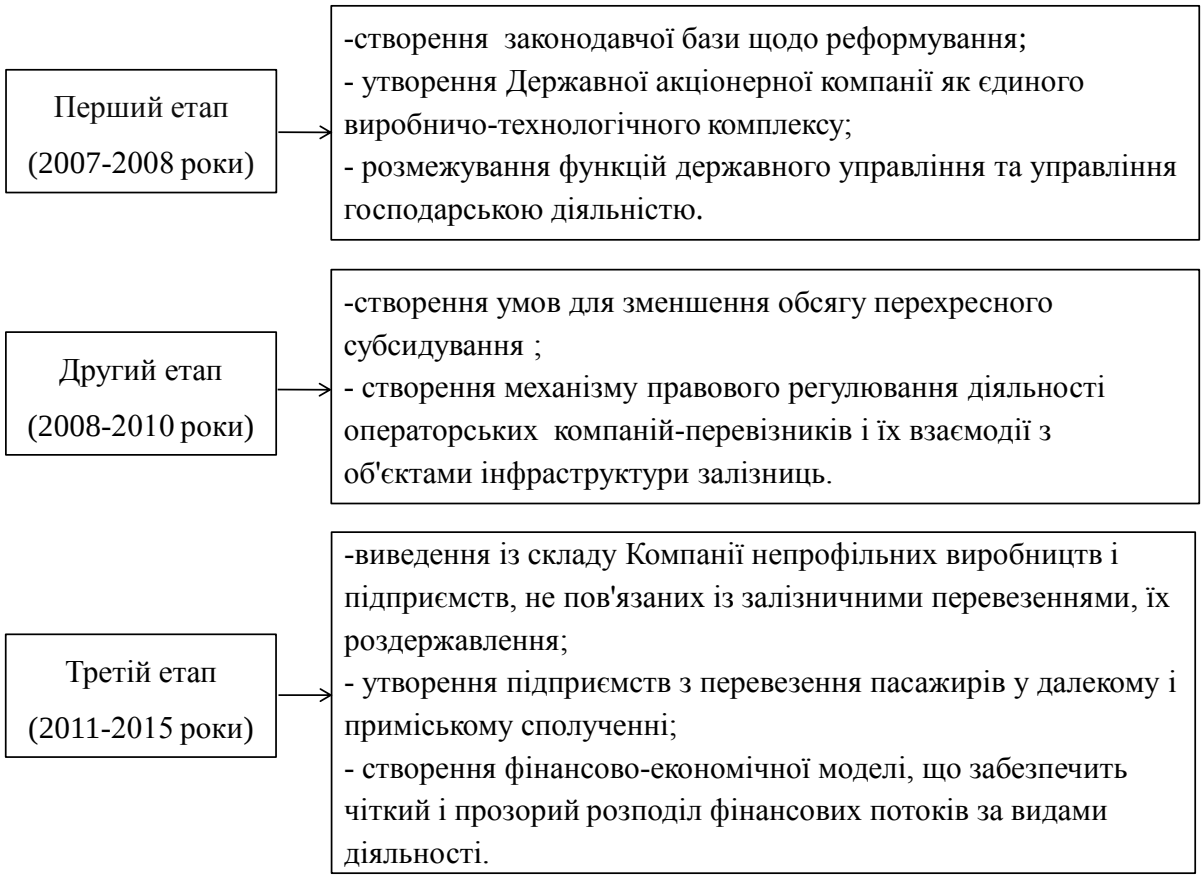


Рис. А.1. Етапи та завдання Державної програми реформування залізничного транспорту 2007-2015 рр.

Нормативною та теоретичною базою для подальших дій щодо реформування галузі залізничного транспорту стали Директиви Європейського парламенту та Ради ЄС (які були затверджені розпорядженнями Кабінету Міністрів України від 1.06.2008 р. № 821-р та від 15.04.2009 р. № 408-р), а також рекомендації Всесвітнього банку, Європейського банку реконструкції та розвитку, інших донорів і приватних інвесторів [131, 132].

Наприкінці 2009 р. Кабінетом Міністрів України була розроблена та затверджена Державна цільова програма реформування залізничного

транспорту,етапи реалізації та основні завдання якої приведені на рис. А.2, розрахована на 10 років (2010-2019 роки), що передбачала досягнення наступної мети:

- створення нової організаційно-правової та економічної моделі управління залізничним транспортом;
- розвиток конкурентного середовища на ринку залізничних послуг та підвищення ефективності його функціонування;
- задоволення потреб національної економіки і населення в перевезеннях, покращення їх якості та зменшення розміру транспортної складової у вартості товарів і послуг [130, 183].

Рис. А.2. Етапи та основні завдання Державної цільової програми реформування залізничного транспорту 2010-2019 роки

Деякі заходи даної програми, в дещо узагальненому вигляді, були продубльованими в Програмі економічних реформ на 2010-2014 рр.

«Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава» від 02.06.2010 р. з відмінностями в термінах їх реалізації.

Так, у розділі «Розвиток транспортної інфраструктури» визначені наступні проблеми розвитку залізничного транспорту:

- значний знос основних фондів – 85%;
- неповноцінне використання транзитного потенціалу країни, в результаті чого Україна посідає 102-е місце серед 155 країн за індексом логістичної ефективності (Росія – 94-е, Румунія – 59-е, Польща – 30-е).

З метою вирішення зазначених проблем програмою передбачено перелік заходів, що мали бути реалізованими в три етапи.

Зокрема на першому етапі (до кінця 2010 р.) планувалося удосконалення законодавства, що регулює діяльність залізничного транспорту та ліквідація пільгових тарифів на вантажні перевезення.

На другому етапі (до кінця 2012 р.) мало бути завершеним:

- розділення функцій господарського та державного галузевого управління на залізничному транспорті;
- коригування Програми реформування залізничного транспорту і методик регулювання тарифів на доступ до тієї частини інфраструктури, що віднесена до природної монополії;
- планомірне впровадження економічно обґрунтованих тарифів;
- реформування системи тарифоутворення на внутрішньоміських і внутрішньообласних пасажирських перевезеннях.

Третій етап (до кінця 2014 р.) мав на меті завершення реформування залізничного транспорту та реструктуризації Укрзалізниці, а також розвиток конкурентного середовища на ринку послуг залізничного транспорту, які не відносяться до природних монополій [82].

Основними індикаторами успіху було визначено два пункти:

- зменшення рівня зносу основних фондів залізничного транспорту до 65 %;

- підвищення рейтингу логістичної ефективності України зі 102-го до 60-го місця до 2014 р.

Наявність у змісті програми конкретних результатів, що мають бути досягнуті, у цифровому вираженні дозволяє перевірити стан їх виконання.

Аналіз динаміки вартості основних фондів АТ «Українська залізниця» за період дії програми, приведений у табл. А.2, дозволяє зробити висновок про те, що досягнення першого індикатору, в установлені терміни не відбулося [153].

Таблиця А.2 – Аналіз динаміки вартості основних фондів АТ «Українська залізниця» за період дії Програми (2010-2014 рр.), млрд. грн.

Роки	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Первісна вартість	3769,0	4345,3	5333,2	6008,9	10028,9	633107,7
Знос	3693,7	4266,6	5247,5	5924,3	9940,6	424536,7
% зносу	98,0	98,2	98,4	98,6	99,1	67,1

Необхідно відмітити, що у 2015 році спостерігається значне зростання вартості основних засобів та різке зменшення зносу на 32%, проте основна причина цих змін полягає у проведені дооцінки основних фондів по їх справедливій вартості, за результатами проведеного аудиту, а не в оновленні рухомого складу, про що свідчать темпи його старіння приведені в табл. А.3 [171].

З даних, приведених у табл. А.3, видно, що протягом 2010-2014 рр. відмічаються незначні зміни у перших двох групах та значне зменшення показників третьої групи. Таким чином, можна зробити висновок про старіння рухомого складу, що значно випереджує темпи його оновлення.

Таблиця А.3 – Динаміка розподілу рухомого складу залізничного транспорту за роками випуску 2010/2014 рр., %

	За роками випуску														
	I група (до 8 років)			II група (9-15 років)			III група (16-25 років)			IV група (26-40 років)			V група (більше 40 р.)		
	2010	2014	+/-	2010	2014	+/-	2010	2014	+/-	2010	2014	+/-	2010	2014	+/-
Тепловози	0,2	0,2	–	–	0,1	+0,1	47,2	11,6	-35,6	49,9	72,6	+22,7	2,7	15,5	+12,8
Електровози	4,8	5,1	+0,3	1,9	2,5	+0,6	18,1	4,5	-13,6	21,1	34,9	+13,8	54,1	53,0	-1,1
Паровози	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100	100	–
Вантажні вагони	4,5	5,7	+1,2	5,1	1,3	-3,8	49,7	19,4	-30,3	39,6	66,4	+26,8	1,1	7,2	+6,1
з них															
- криті	–	–	–	–	–		38,0	4,0	-34	62,0	95,1	+33,1	-	0,9	+0,9
- платформи	–	–	–	–	–		39,0	52,8	+13,8	50,9	46,8	-4,1	0,1	0,4	+0,3
- напіввагони	8,3	35,3	+27,0	5,9	3,0	-2,9	51,2	10,9	-40,3	34,6	50,7	+16,1	-	0,1	+0,1
- цистерни	0,5	–		13,6	2,9	-10,7	29,3	21,5	-7,8	52,9	56,2	+3,3	3,7	19,4	+15,7
- рефрижератори	–	–		1,3	–	-1,3	93,5	85,9	-7,6	4,9	12,1	+7,2	0,3	2,0	+1,7
Пасажирські вагони	5,5	5,6	+0,1	1,6	2,5	+0,9	34,6	19,9	-14,7	14,9	16,1	+1,2	43,4	55,9	+12,5

Досягнення наступного індикатору успіху передбаченого Програмою можемо перевірити за рейтингом логістичної ефективності Світового банку, вибірка з якого приведена на рис. А.3.

З даних, приведених на рис. А.3, бачимо, що у 2014 році Україна займає 61 місце у рейтингу, а це дозволяє стверджувати, що поставлена мета досягнута. Проте, вже у 2016 році за загальним індексом логістичної ефективності Україна знову опинилася на 80 місці, що свідчить про коротко терміновість успіху реалізації заходів програми. Серед найгірших оцінок, що призвели до зниження індексу ефективність митної обробки багажу, можливості організації міжнародних вантажовідправлень та якість логістики.

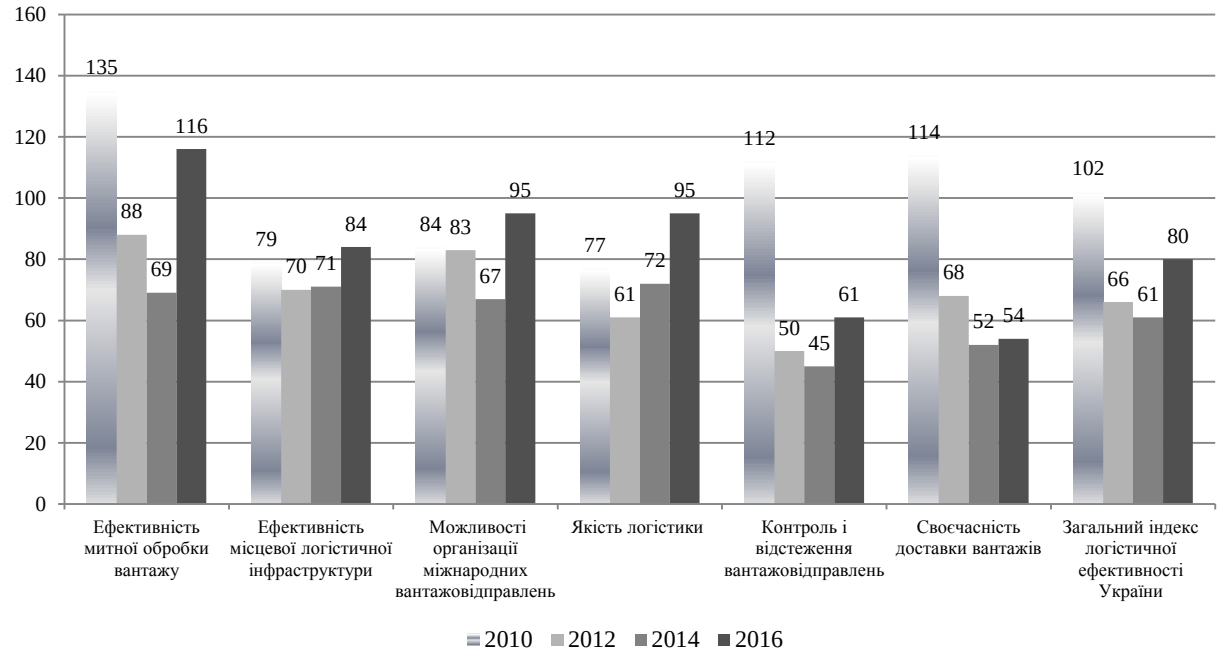


Рис. А.3. Місце України у рейтингу логістичної ефективності Світового банку за 2010-2016 рр. [155]

Сучасна стратегія розвитку залізничного транспорту ґрунтується на реформуванні системи управління галуззю, подальшій її демонополізації, що в цілому стане важливим кроком до вирішення проблеми дуже необхідного оновлення рухомого складу, модернізацій інфраструктури з метою підвищення пропускної спроможності, розвитку швидкісних сполучень, і як наслідок, підвищення конкурентоспроможності як на національному, так і на міжнародному ринках транспортних послуг. Засади стратегічного розвитку залізничного транспорту викладені у відповідних стратегічних документах.

На державному рівні затверджена «Транспортна стратегія України на період до 2020 року» від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р, яка визначила основні напрями, цілі, принципи та пріоритети розвитку транспортної галузі України, у тому числі і залізничного транспорту, приведені на рис., для забезпечення підвищення ефективності управління, покращення якості транспортних послуг та енергозбереження [142].

Основні напрями реалізації Транспортної стратегії України на період до 2020 року приведено на рис. А.4.

Рис. А.4. Основні напрями реалізації Транспортної стратегії України на період до 2020 року (складено автором на основі [142])

Необхідно відзначити, що незважаючи на певні недоліки діючої «Транспортної стратегії України на період до 2020 року», цей стратегічний документ активно підтримується з боку Європейського Союзу через укладення двосторонніх програм та участі у двосторонніх проектах, спрямованих на посилення потенціалу Міністерства інфраструктури України у вирішенні широкого кола питань транспортного сектору [73].

Оскільки майже всі заходи, частково або повністю, знаходять своє відображення в кожному з розглянутих документів, їх можна об’єднати за ключовими напрямами розвитку галузі та оцінити стан виконання на сучасному етапі.

Враховуючи наявність розбіжностей між юридичним та фактичним виконанням, доцільною є оцінка за цими двома критеріями окремо, як приведено в табл. А.4.

Таблиця А.4 – Стан виконання заходів щодо реформування галузі залізничного транспорту

Напрям розвитку	Зміст заходів	Стан виконання	
		Юридичний	Фактичний
Гармонізація національного транспортного законодавства	- приведення у відповідність до положень актів законодавства ЄС у сфері залізничного транспорту шляхом прийняття нової редакції Закону України «Про залізничний транспорт»;	Не виконано	Не виконано
	- створення нормативно-правової бази, необхідної для реформування галузі.	Виконано частково	Виконано частково
Розмежування господарських функцій і функцій державного управління	- утворення Державної акціонерної компанії як єдиного виробничо-технологічного комплексу та утворення Державної служби залізничного транспорту України;	Виконано частково	Виконано частково
	- створення фінансово-економічної моделі, що забезпечить чіткий і прозорий розподіл фінансових потоків за видами діяльності.	Не виконано	Не виконано
Технічне переоснащене об’єктів інфраструктури та оновлення рухомого складу залізниць	- підвищення пропускної спроможності основних ліній;	Виконано частково	Виконано частково
	- підвищення пропускної спроможності під’їздів до морських портів;	Не виконано	Не виконано
	- оновлення рухомого складу	Виконано	Терміни виконання, визначені на юридичному рівні, не дозволяють провести оцінку
Інтеграція залізничного транспорту до європейської та світової транспортної системи	- розроблення та упровадження технічних регламентів і стандартів і уніфікація вимог до перевізників;	Виконано	Не виконано
	- упровадження автоматизованої системи переходу залізничного рухомого складу з широкої на вузьку колію.	Не виконано	Не виконано

Показником виконання першого заходу мало б стати прийняття/зміна низки нормативно-правових актів, що дозволить провести реформування галузі, ключовим серед яких є нова редакція Закону України «Про залізничний транспорт». Наразі зазначений Закон не прийнято, проте у Верховній Раді України триває робота над його проектом.

На ряду з незавершеною роботою над новою редакцією Закону «Про залізничний транспорт», необхідно відмітити прийняття Закону «Про особливості створення державного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування» від 23.02.2012р. № 4442-VI [139], що дозволило провести акціонування Укрзалізниці та внесення змін, що випливають з введення дію зазначеного закону до низки законодавчих актів, а саме: Земельного кодексу України; Закону України «Про приватизацію державного майна»; Закону України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності»; Закону України «Про екологічний аудит» та ін. Завдяки проведенню цих дій загалом виконання даного напряму можна оцінити як часткове.

Стан реалізації наступного напряму є так само частковим. Індикаторами виконання визначено створення Державної акціонерної компанії як єдиного виробничо-технологічного комплексу та Державної служби залізничного транспорту України, а також розподіл обліку фінансових результатів за видами діяльності.

Перший з них було виконано прийняттям постанови Кабінету Міністрів України № 200 «Про утворення публічного акціонерного товариства «Українська залізниця», яка регламентує порядок створення Товариства [146]. Таким чином, виконання господарських функцій було покладено на АТ «Українська залізниця» – фактично зареєстроване 21 жовтня 2015 р. Товариство створене на базі ДП «Укрзалізниці», а також більше 50 підприємств та установ залізничного транспорту загального користування, що були реорганізовані шляхом злиття.

Щодо функцій державного управління – визначено попередній перелік функцій, організаційну схему центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері залізничного транспорту, та розроблено проект постанови Кабінету Міністрів України «Про утворення Державної служби залізничного транспорту України», який включає проект Положення про Службу.

Крім цього, в ході реалізації даного заходу мала би бути створена фінансово-економічна модель, що забезпечить чіткий і прозорий розподіл фінансових потоків за видами діяльності. Проте, сьогодні фінанси всіх підприємств, що увійшли до складу АТ «Українська залізниця» консолідовані, але розподіл обліку фінансових результатів за видами діяльності (вантажні перевезення, інфраструктура, тяга, пасажирські перевезення тощо) не забезпечено.

Оцінка виконання наступного напряму ускладнюється формалізацією викладу змісту завдання. Зокрема, формулювання першої складової «підвищення пропускної спроможності основних ліній» не містить чіткого переліку об’єктів, що підлягають реконструкції. Дана ситуація дає можливість констатувати лише позитивні зміни. Так, протягом 2016 року реалізовано проект зі збільшення пропускної спроможності дільниці Комиш – Зоря – Волноваха. Відмінено 36 обмежень швидкості руху поїздів на 52,5 км, підвищено швидкість до 100 км/год для пасажирських поїздів, до 80 км/год для вантажних поїздів. Пропускна спроможність на дільниці Комиш – Зоря – Волноваха збільшена до 27 пар поїздів (16 пар вантажних, 2 пари пасажирських та 2 пари приміських).

Протягом 2017 року реалізовано проект «Будівництво другої колії на перегоні Зачатівська – Розівка з метою підвищення пропускної спроможності дільниці Комиш – Зоря – Волноваха». Пропускна спроможність збільшилася до 42 пар поїздів.

З оцінкою наступної складової (оновлення рухомого складу) так само виникають труднощі, оскільки протягом усього аналізованого періоду термін

виконання даного заходу постійно змінюється. Так, останнім документом Програмою оновлення рухомого складу АТ «Українська залізниця» кінцевим терміном реалізації визначено 2021 рік.

Наступною складовою напряму визначено підвищення пропускної спроможності під'їздів до морських портів. Стан виконання можна вважати незадовільним оскільки існує дисбаланс провізних спроможностей портів (310 млн. т/р.) і припортової залізничної інфраструктури (125 млн. т/р.) [93].

Інтеграція залізничного транспорту до європейської та світової транспортної системи передбачає розроблення та упровадження технічних регламентів і стандартів і уніфікація вимог до перевізників та упровадження автоматизованої системи переходу залізничного рухомого складу з широкої на вузьку колію.

Стосовно першого заходу, про його юридичне виконання свідчить прийняття Закону «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [143] та затвердження Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту [137] і Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту [136].

При цьому, необхідно зазначити, що фактичне виконання стане можливим після прийняття нової редакції Закону «Про залізничний транспорт», оскільки оператори локомотивної тяги, вантажних та пасажирських перевезень, а також оператори інфраструктури можуть надавати послуги в разі наявності системи управління безпекою руху та сертифіката безпеки, процедура видачі якого наразі не врегульована.

Щодо впровадження автоматизованої системи переходу залізничного рухомого складу з широкої на вузьку колію виникають певні проблеми. Існує велика кількість різноманітних систем найбільш відпрацьованими з яких є польські РКП SUW 2000, які деякий час використовувалась і на українських залізницях [98]. Проте, практика застосування показує, кожна з систем призводила до залізничних катастроф. Наприклад, SUW 2000 налічує 3 сходи ЗРС з рейок, а також відомо більше 10 випадків, коли система не спрацювала,

внаслідок зламів цангової втулки. Ці факти підтверджують необхідність поглибленого вивчення і аналізу систем РКП, подальшого їх удосконалення та розробки нових більш надійних конструкцій [115].

Таким чином, необхідність реформування галузі залізничного транспорту України розглядається з 2006 року, проте протягом тривалого часу реформа обмежувалася лише розробкою планів та програм реформування. Будучи не реалізованими в межах однієї програми, заходи знаходили своє відображення в наступній або паралельній з відповідним відтермінуванням строків. Проведений аналіз їх виконання не дозволяє говорити про бездіяльність або заперечувати наявність позитивних змін, проте, зважаючи тривалість періоду 2006-2019 рр., вони відбуваються дуже повільно. У підсумку цей факт негативно впливає на результати діяльності галузі, а отже вимагає пошуку інших шляхів до вирішення проблем галузі, які можуть бути впровадженими вже сьогодні.

Додаток Б

Аналіз динаміки виробничого травматизму в секторах економіки, які застосовують технічний аудит з метою ідентифікації ризиків та підвищення безпеки на виробництві

Оскільки 2014 р. визначено як початковій етап застосування технічного аудиту розглянемо зміни кількості травмованих, у тому числі смертельно, в різних сферах промисловості з огляду на дані 2014 р. та 2017-2018 рр. [169], що приведені в табл. Б.1.

Таблиця Б.1 – Кількість травмованих у сферах промисловості в 2014, 2017 та 2018рр.

Промисловість	2014 рік		2017 рік		2018 рік		Різниця (2014/2018), + / -	
	Всього	в т.ч. См	Всього	в т.ч. См	Всього	в т.ч. См	Всього	в т.ч. См
Вугільна	2034	99	780	23	725	21	-1309	-78
Гірничорудна та нерудна	220	12	201	9	173	8	-47	-4
Машинобудування	507	23	336	19	364	19	-143	-4
Металургійна	340	25	260	13	244	21	-96	-4
Хімічна	132	15	128	5	105	13	-27	-2
Агропромисловий комплекс	691	95	537	75	503	67	-188	-28
Деревообробна промисловість	76	9	76	7	67	5	-9	-4

За аналогічним принципом можемо розглянути результати проведення технічного аудиту в інших галузях. Наприклад, протягом 2018 р. у будівництві зареєстровано 196 нещасних випадків проти 243 у 2014 р., в

результаті яких травмовано 224 особи. При цьому, кількість травмованих у 2014 році складала 263 особи. Таким чином, відмічається як зменшення кількості нещасних випадків (на 47 випадків або 19,3%), так і кількості травмованих (39 осіб або 14,8%). Кількість травмованих у галузі газовидобування та енергетики [169, 170] приведені в табл. Б.2.

Таблиця Б.2 – Кількість травмованих у галузі газовидобування та енергетики у 2014 р. та 2017-2018 рр.

Галузь	2014 рік		2017 рік		2018 рік		Різниця (2014/2018), + / -	
	Всього	в т.ч.	Всього	в т.ч.	Всього	в т.ч.	Всього	в т.ч.
		См		См		См		См
Газовидобування	51	8	35	2	32	0	-19	-8
Енергетики	135	26	121	16	118	11	-17	-15

Таким чином, зважаючи на приведені в роботі дані, можемо зробити висновок про значне покращення рівня безпеки на виробництві та зміни у динаміці наслідків нещасних випадків.

Додаток В

Аналіз показників безпеки руху, що не передбачені Положенням про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України, але розглядаються в звітах АТ «Українська залізниця».

І. Кількість виявлених зауважень, які виявлено при внутрішніх та зовнішніх перевірках:

Кількість недоліків, різноманітних несправностей і відступів від нормативних параметрів під час проведення ремонту рухомого складу, утримання колії, пристроїв електропостачання та СЦБ, проведення оглядів тощо, виявлених ревізорами з безпеки руху АТ «Українська залізниця» під час проведення внутрішніх перевірок господарств та виданих за їх результатами приписів приведені на рис. В.1.

Рис. В.1. Кількість недоліків виявлених під час проведення внутрішніх перевірок господарств АТ «Українська залізниця» та виданих за їх результатами приписів протягом 2016-2018 рр.

Державною службою України з безпеки на транспорті протягом 2016 р. організовано проведення 196 заходів державного нагляду та контролю на

залізничному транспорті – 130 планових та 66 позапланових перевірок суб'єктів господарювання з питань дотримання ними вимог законодавства, норм і стандартів у сфері залізничного транспорту. В 2017 році, у зв'язку з введенням мораторію на здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) [144], проведено лише 5 позапланових перевірок, в 2018 – 26 перевірок [148-150].

У ході проведених перевірок виявлено 1813 порушень законодавства в 2016 році, 425 у 2017 році та 249 в 2018 році. У зв'язку з чим складено та надано керівникам суб'єктів господарювання 109 приписів з вимогами щодо усунення виявлених порушень та недоліків у 2016 році, 4 приписи у 2017 році та 23 акти і 4 приписи у 2018 році [148-150].

II. Кількість працівників, яких притягнуто до дисциплінарної відповідальності за результатами перевірок:

Дані щодо кількості працівників АТ «Укрзалізниця», притягнутих до відповідальності за порушення вимог нормативних документів з питань безпеки руху протягом 2016-2018 рр. приведено в табл. В.1.

Таблиця В.1 – Кількість працівників, яких притянуто до відповідальності за порушення вимог нормативних документів з питань безпеки руху

	2016	2017	2018
Кількість працівників, яких притянуто до відповідальності за порушення вимог нормативних документів з питань безпеки руху	2383	2077	1731
з них звільнено	42	20	49
з них оголошено догани	2341	2057	1682

III. Обсяги збитків, завданих в результаті транспортних подій, приведені на рис. В.2.

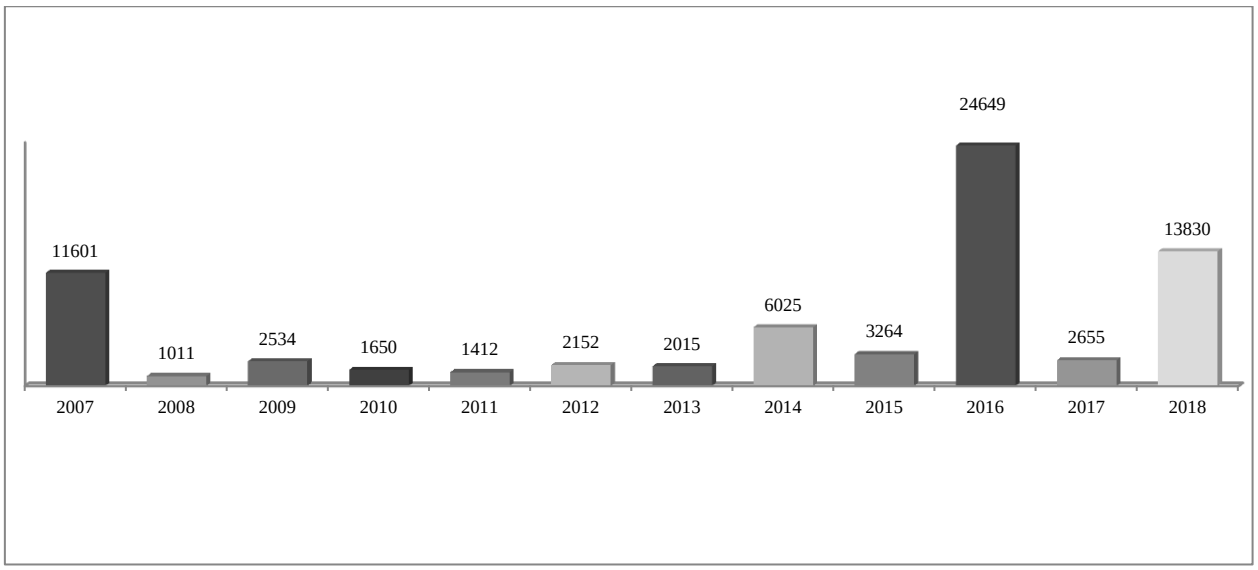


Рис. В.2. Обсяги збитків, завданих в результаті транспортних подій АТ «Українська залізниця» за 2007 - 2018 рр. (тис. грн.)

IV. Середня кількість транспортних подій на добу, приведена на рис. В.3.

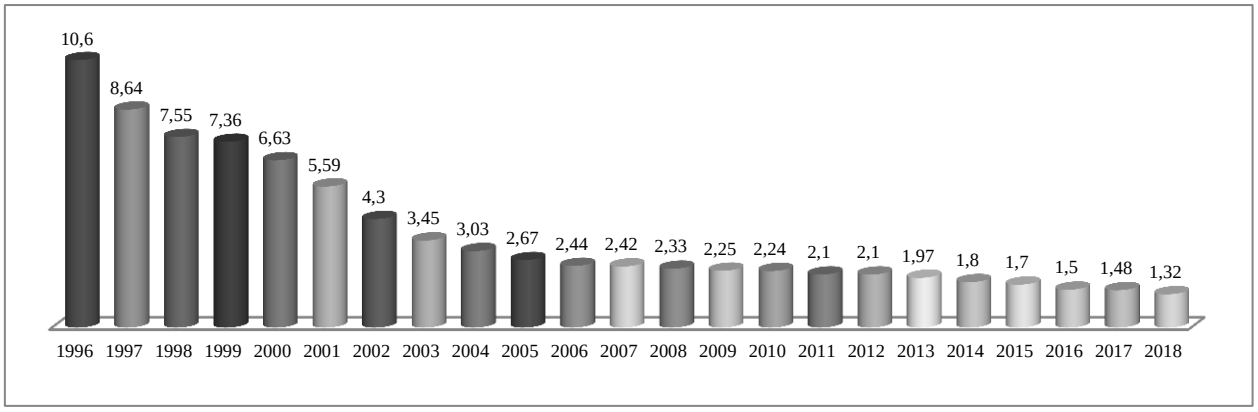


Рис. В.3. Середня кількість транспортних подій в АТ «Українська залізниця» на добу за 1996-2018 рр.

V. Кількість транспортних подій у розрізі структурних підрозділів АТ «Укрзалізниця», які приведено на рис. В.4.

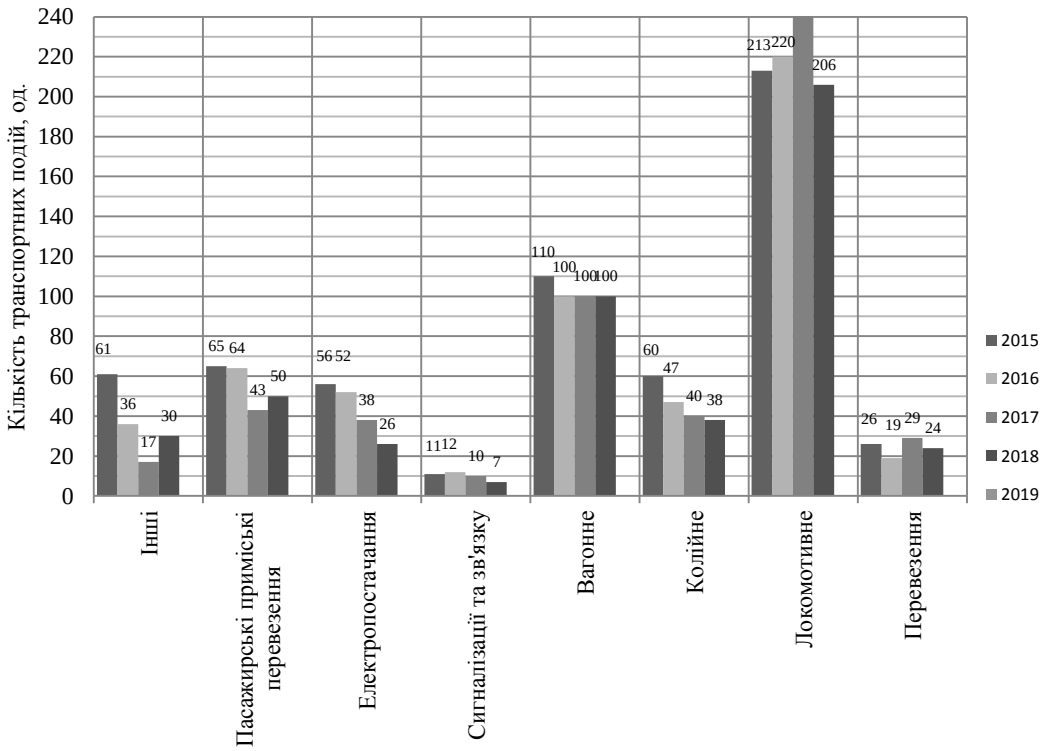


Рис. В.4. Кількість транспортних подій у розрізі структурних підрозділів АТ «Українська залізниця» за 2015-2019 рр.

Аналіз дозволяє стверджувати, що протягом останніх років найбільше число випадків відбувається у департаментах локомотивного та вагонного господарств, приміських пасажирських перевезень, колії та споруд, електрифікації та електропостачання.

Питома вага кількості транспортних подій у перелічених господарствах складає близько 85%. Проте, особливу увагу привертає не скільки їх кількість, скільки причини виникнення.

Так, при проведені аналізу причин транспортних подій визначено, що у локомотивному господарстві майже 80% випадків допущено у зв’язку з незадовільним технічним станом локомотивів (в основному через неякісний ремонт та через експлуатацію рухомого складу і його обладнання поза межами гарантійних термінів служби) та елементів інфраструктури, а отже з технічних причин.

Основні причини транспортних подій, допущених у вагонному господарстві протягом 2015-2018 рр. приведені у табл. В.2.

Таблиця В.2 – Основні причини транспортних подій, допущених у вагонному господарстві протягом 2015-2018 рр.

Причина допущеної транспортної події	2015		2016		2017		2018	
	Кількість випадків	Частка в загальному обсязі	Кількість випадків	Частка в загальному обсязі	Кількість випадків	Частка в загальному обсязі	Кількість випадків	Частка в загальному обсязі
несправність та відмова в роботі гальмівного обладнання	42	38,2%	34	34,0%	40	40,0%	35	35,0%
нагрівання буксових вузлів	34	30,9%	26	26,0%	35	35,0%	37	37,0%
несправності кузова вагона	9	8,2%	8	8,0%	1	1,0%	2	2,0%
несправності автозчепів, що призвело до саморозчеплень	6	5,5%	9	9,0%	10	10,0%	13	13,0%
несправність візків	16	14,5%	14	14,0%	12	12,0%	10	10,0%
несправність колісних пар	3	2,7%	2	2,0%	1	1,0%	3	3,0%
незадовільна підготовка вагонів до передислокації	-	-	1	1,0%		0,0%	-	-
інші технічні несправності	-	-	6	6,0%	1	0,0%	-	-
Всього випадків	110	100%	100	100%	100	100%	100	100%

З даних, приведених у табл. В.2, видно, що найбільша частка транспортних подій у вагонному господарстві відбулася з причини несправностей і відмов в роботі гальмівного обладнання та нагрівання буксових вузлів, проте всі випадки стали можливими з технічних причин [113, 122].

Серед причин допущених транспортних подій у господарстві приміських пасажирських перевезень в середньому 85% займають несправності рухомого складу, що виникають через неякісний деповський

ремонт та технічне обслуговування, а також внаслідок експлуатації моторвагонного рухомого складу поза межами гарантійних термінів служби.

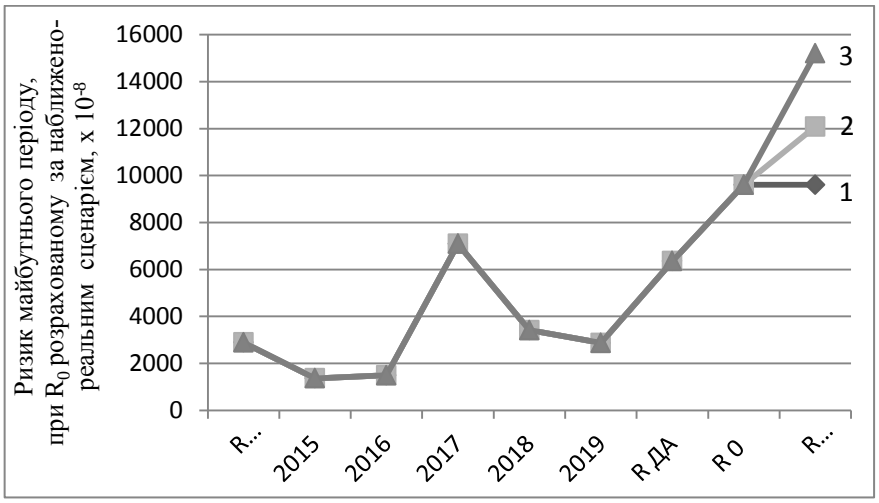
У роботі колійного господарства майже 90% транспортних подій, що допускаються щорічно, виникають з причин незадовільного поточного утримання колії.

В загальній кількості транспортних подій у господарстві електрифікації та електропостачання 80% допускається через відмови в контактній мережі та в роботі технічних засобів.

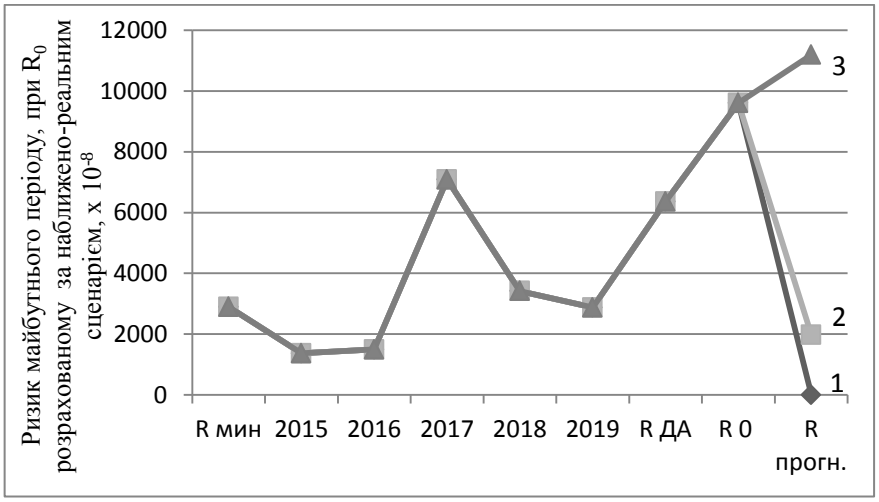
Додаток Г

Результати розрахунків ризику майбутнього періоду

Результати розрахунків прогнозних значень загального ризику при показнику R_0, отриманому за наближено-реальним сценарієм приведені на рис. Г.1.



а



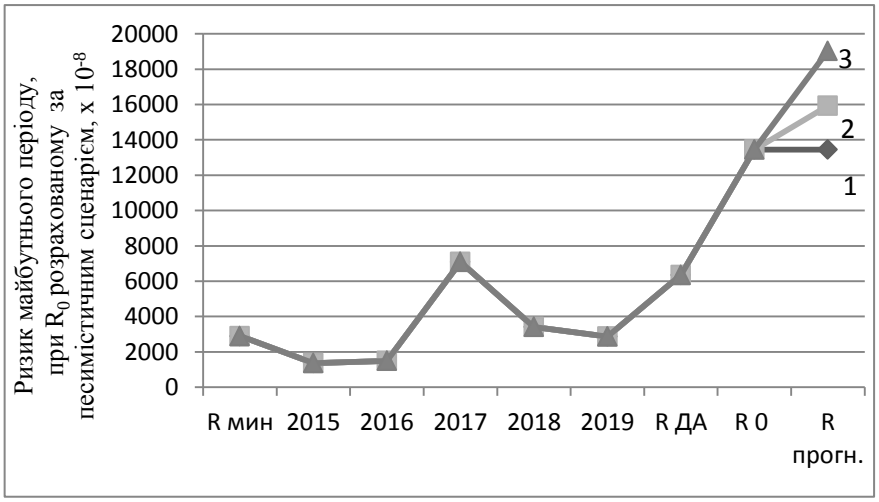
б

Рис. Г.1. Ризик майбутнього періоду (R_0розраховане за наближено-реальним сценарієм) при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за: 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

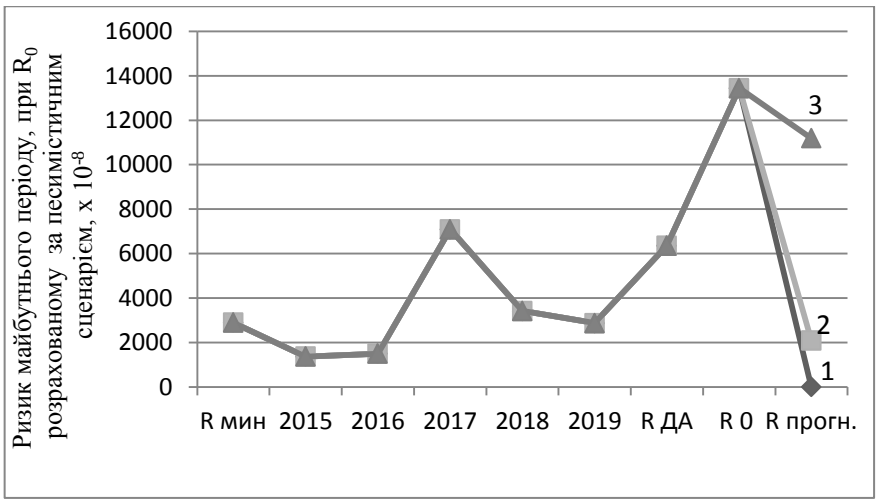
Оскільки показник R_0 розрахований за наближено-реальним сценарієм збільшується відносно показників минулого періоду, ризики отримані за лінійним прогнозуванням мають аналогічну тенденцію. Так, ризик майбутнього періоду, отриманий за оптимістичним сценарієм, зростає менше ніж на 1% у порівнянні до ризику теперішнього періоду. Для ризику майбутнього періоду отриманого за наближено-реальним сценарієм характерне збільшення у порівнянні з ризиком теперішнього періоду на 25,9%. При цьому, ризик прогнозований за песимістичним сценарієм зазнає найбільшого зростання,перевищуючи на 58,3% показник ризику теперішнього періоду та майже в 2,5 рази показник ризику на день аудиту.

Величини ризиків розраховані із застосуванням ймовірнісного прогнозування не мають однакової тенденції. Аналогічно попередньому прогнозу, результати розрахунків за оптимістичним сценарієм свідчать про зменшення ризику до найменшого можливого значення. Ризик майбутнього періоду отриманий за наближено-реальним сценарієм зменшується майже в 5 разів у порівнянні з ризиком теперішнього періоду, але залишається в діапазоні ризиків минулого періоду. При цьому прогнозований ризик, розрахований за песимістичним сценарієм зазнає незначного зростання, яке складає 15,6% від показника ризику теперішнього періоду.

Результати розрахунків ризику майбутнього періоду при показнику R_0, отриманому за песимістичним сценарієм приведені на рис. Г.2.



а



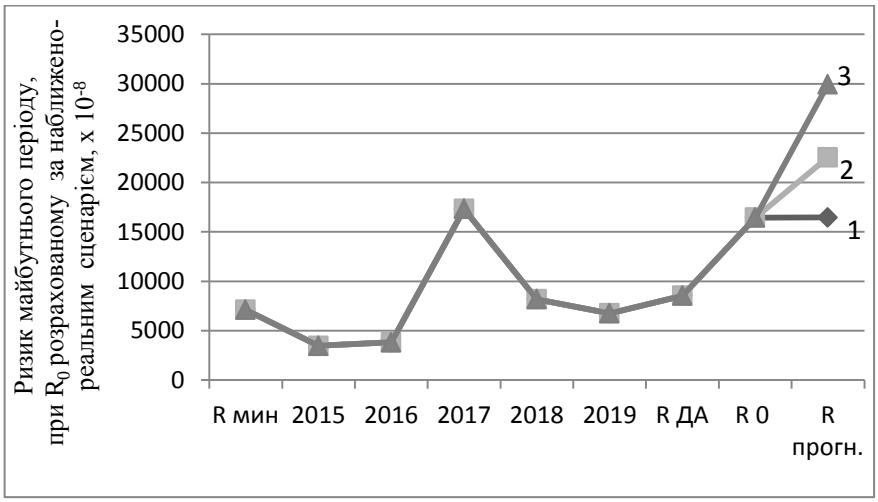
б

Рис. Г.2. Ризик майбутнього періоду (R_0 розраховане за песимістичним сценарієм) при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм.

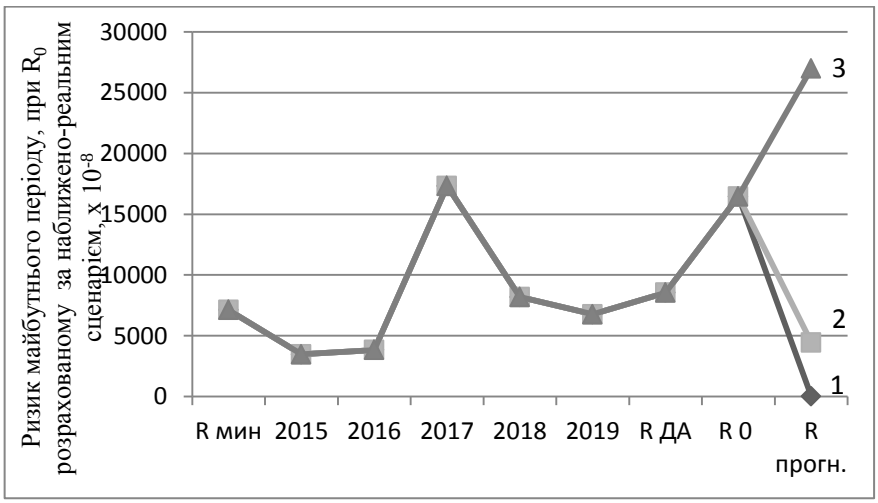
З рис. Г.2, а, бачимо, що для величини прогнозного ризику отриманого за оптимістичним сценарієм характерна тенденція аналогічна попереднім розглянутим варіантам – зростання, що складає менше ніж на 1%. При цьому ризик отриманий за наближено-реальним сценарієм зростає на 18,5% у порівнянні до показника теперішнього періоду. Ризик майбутнього періоду розрахований за песимістичним сценарієм на 41,6% перевищує показник ризику теперішнього періоду та збільшується майже в 3 рази відносно показника ризику на день аудиту.

З даних приведених на рис. Г.2, б, бачимо, що тенденція показників ризику майбутнього періоду, розрахованих за песимістичним сценарієм кардинально відрізняється від попередніх варіантів. Для всіх прогнозних ризиків характерне зменшення у порівнянні з показником теперішнього ризику: ризику розрахований за оптимістичним сценарієм приймає найменше можливе значення, ризику розрахований за наближено-реальним сценарієм зменшується на 84,4%; а розрахований за песимістичним сценарієм – на 16,8%.

Результати розрахунків величин ризику майбутнього періоду з урахуванням інтегральної оцінки при показнику R_0, отриманому за наближено-реальним сценарієм приведені на рис. Г.3.



а



б

Рис. Г.3. Ризик майбутнього періоду (R_0 розраховане за наближено-реальним сценарієм), визначений з урахуванням інтегральної оцінки, при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм.

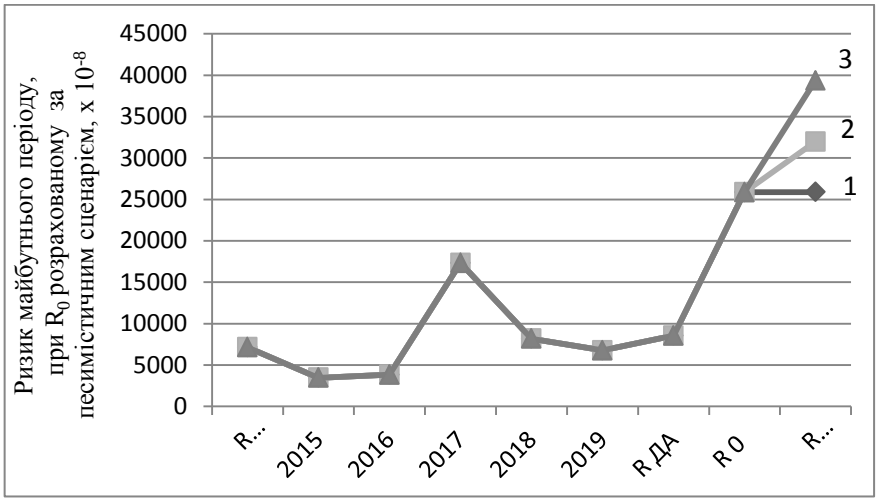
З рис. Г.3, а, бачимо, що величини прогнозного ризику мають стійку тенденцію росту. Ризик отриманий за оптимістичним сценарієм залишається майже на рівні ризику теперішнього періоду (має зростання менше ніж на 1%). При цьому ризик отриманий за наближено-реальним сценарієм зростає

на 37% у порівнянні до того ж показника та на 30,3% у порівнянні до показника року, в якому ризик досяг максимального значення. Ризик отриманий за песимістичним сценарієм майже удвічі перевищує показник теперішнього періоду (приріст складає 82%).

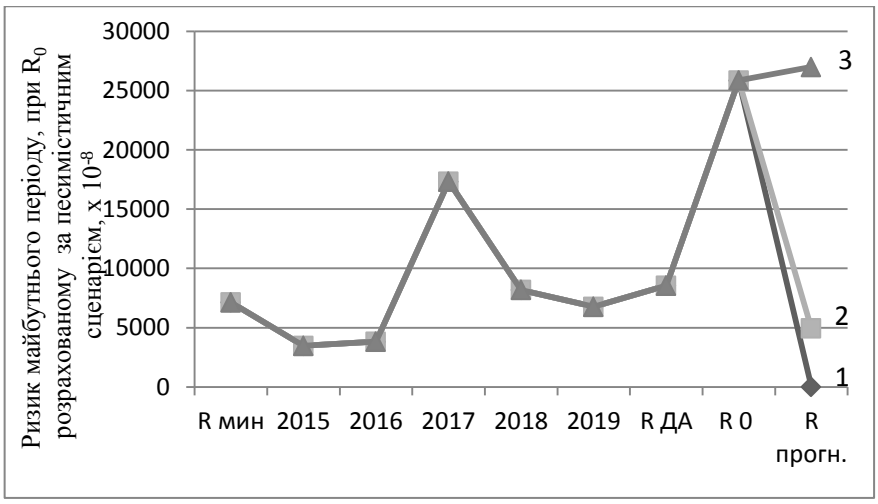
Для даних приведених на рис. Г.3, б, характерна інша тенденція. Оптимістичний сценарій зводить ризики до найменшого можливого значення, наближено-реальний – тримається на рівні показників 2015-2016 рр., для яких характерне мінімальне значення ризику, і тільки песимістичний сценарій свідчить про стрімке зростання, а саме 64%.

Результати розрахунків величин ризику майбутнього періоду з урахуванням інтегральної оцінки при показнику R_0, отриманому за песимістичним сценарієм приведені на рис. Г.4.

Оскільки показник R_0 розрахований за песимістичним сценарієм збільшується відносно показників минулого періоду, ризики отримані за лінійним прогнозуванням мають аналогічну тенденцію. Так, ризик майбутнього періоду, отриманий за оптимістичним сценарієм, зростає менше ніж на 1% у порівнянні до ризику теперішнього періоду.



а



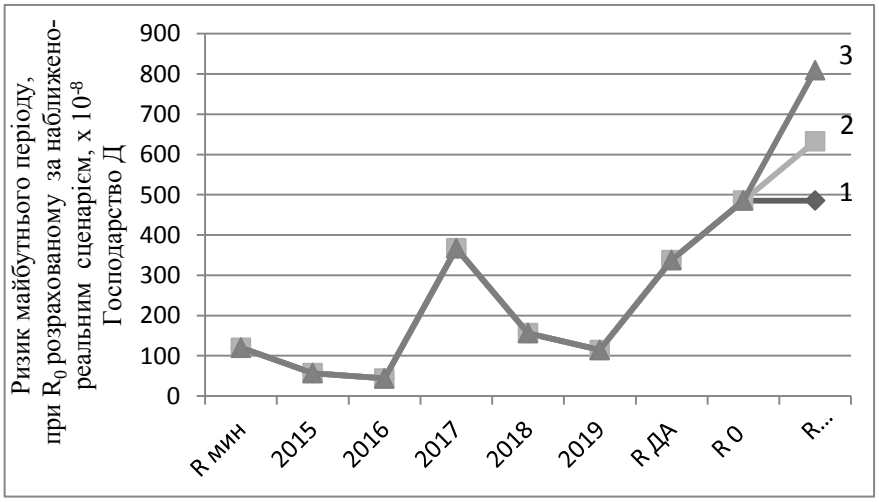
б

Рис. Г.4. – Ризик майбутнього періоду (R_0 розраховане за песимістичним сценарієм), визначений з урахуванням інтегральної оцінки, при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм.

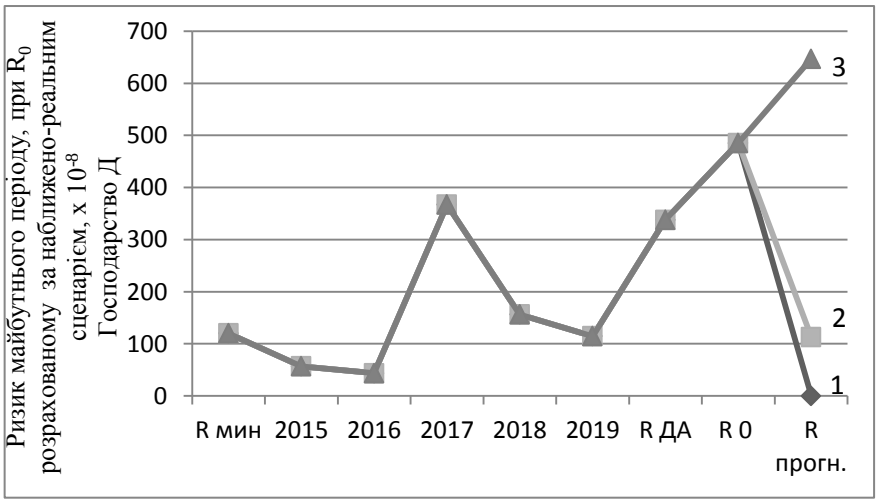
Для ризику майбутнього періоду отриманого за наближено-реальним сценарієм характерне збільшення у порівнянні з ризиком теперішнього періоду на 23,6%. При цьому, ризик прогнозований за песимістичним сценарієм зазнає найбільшого зростання, перевищуючи на 52,2% показник ризику теперішнього періоду.

Величини ризиків розраховані із застосуванням ймовірнісного прогнозування не мають однакової тенденції. Аналогічно попередньому прогнозу результати розрахунків за оптимістичним сценарієм свідчать про зменшення ризику до найменшого можливого значення. Ризик майбутнього періоду отриманий за наближено-реальним сценарієм зменшується більше ніж в 5 разів у порівнянні з ризиком теперішнього періоду, але залишається в діапазоні ризиків минулого періоду. При цьому прогнозований ризик, розрахований за песимістичним сценарієм зазнає незначного зростання, яке складає 4,4% від показника ризику теперішнього періоду.

Результати розрахунків ризику майбутнього періоду по господарству перевезень при показнику R_0, отриманому за наближено-реальним сценарієм та R_0, отриманому за песимістичним сценарієм приведені на рис. Г.5 та Г.6.



а

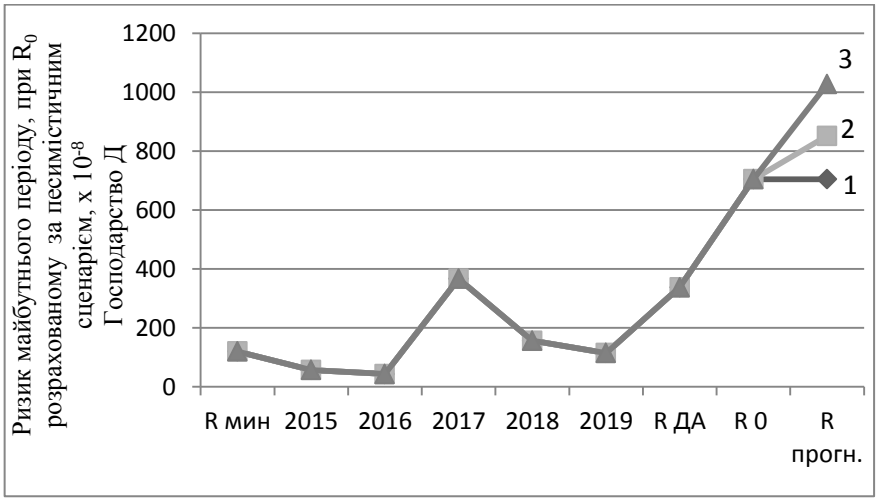


б

Рис. Г.5. Загальний ризик майбутнього періоду господарства перевезень (R_0 розраховане за наближено-реальним сценарієм), при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за:1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

З рис. Г.5 можемо визначити тенденції змін характерні для значень загального ризику майбутнього періоду, розрахованого по господарству перевезень, у порівнянні з показниками загального ризику теперішнього

періоду. Так, величина ризику майбутнього періоду, прогнозована лінійно за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 30,5%, за песимістичним – зростає на 66,8%. Показник ризику майбутнього періоду, розрахований при ймовірнісному прогнозуванні за оптимістичним сценарієм зменшується до найменшого можливого значення, за наближено-реальним – зменшується більше ніж в 4 рази, залишаючись в діапазоні величин ризику минулого періоду, за песимістичним – зростає на 33,4%.



а

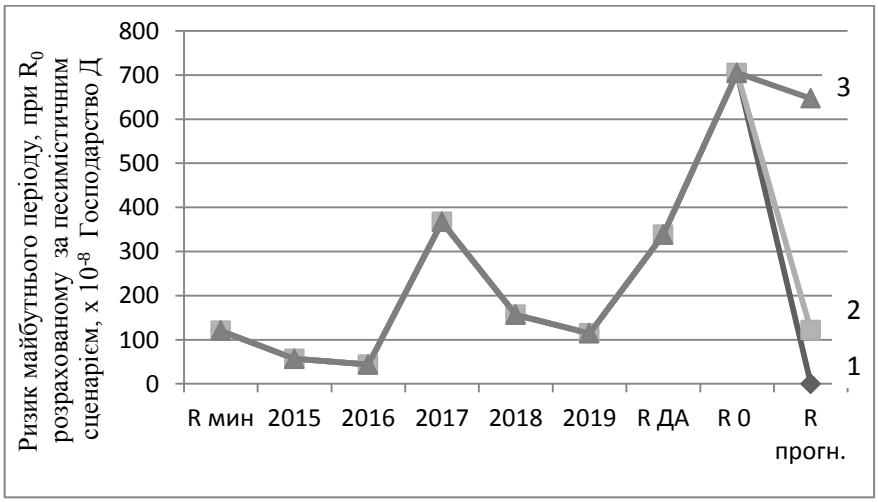
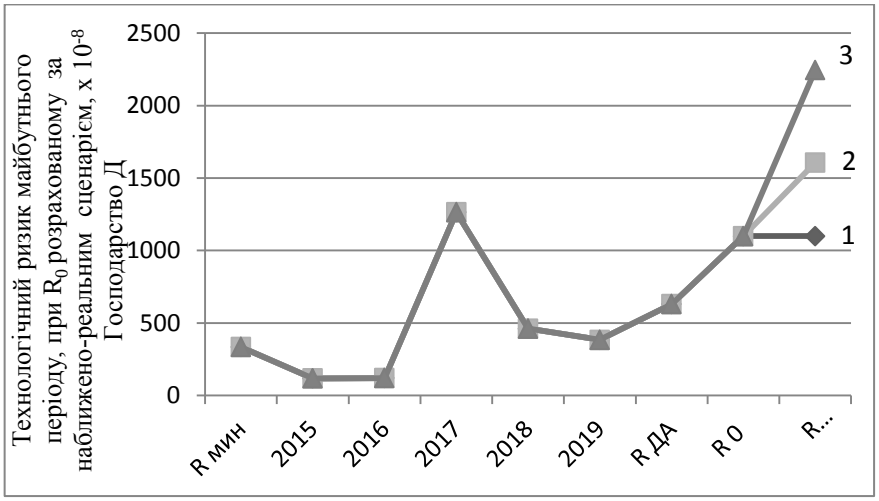


Рис. Г.6. Загальний ризик майбутнього періоду господарства перевезень (R_0 розраховане за песимістичним сценарієм) при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за:1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

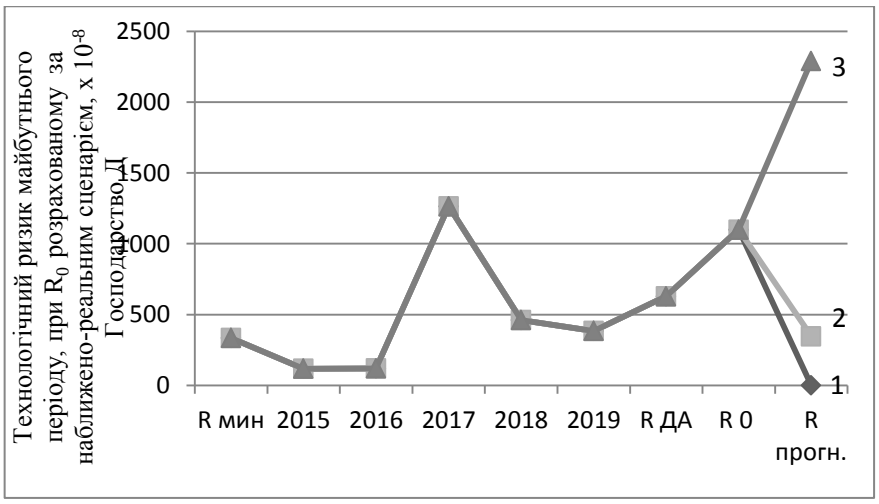
З рис. Г.6, а, бачимо, що величини прогнозного ризику мають стійку тенденцію росту. Ризик отриманий за оптимістичним сценарієм залишається майже на рівні ризику теперішнього періоду (має зростання менше ніж на 1%). При цьому ризик отриманий за наближено-реальним сценарієм зростає на 20,8% у порівнянні до того ж показника. Ризик отриманий за песимістичним сценарієм перевищує показник теперішнього періоду на 45,8%.

Для даних приведених на рис. Г.6, б, характерна інша тенденція. Оптимістичний сценарій зводить ризики до найменшого можливого значення, наближено-реальний – значення ризику зменшується майже в 7 разів у порівнянні з теперішнім періодом, проте не виходить з області ризиків минулого періоду, песимістичний сценарій свідчить про зменшення прогнозного ризику на 8,2% у порівнянні з ризиком теперішнього періоду.

Результати розрахунків технологічного ризику майбутнього періоду по господарству перевезень при показнику R_0, отриманому за наближено-реальним сценарієм та R_0, отриманому за песимістичним сценарієм приведені на рис. Г.7 та Г.8.



а



б

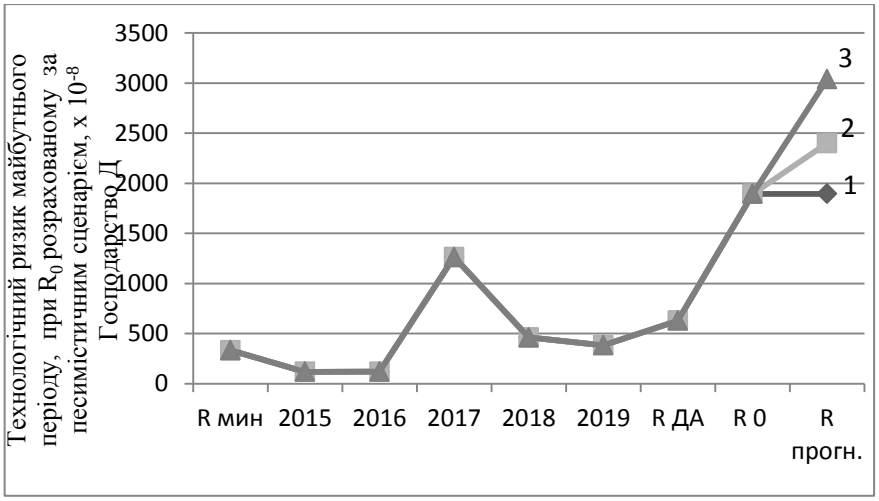
Рис. Г.7. Технологічний ризик майбутнього періоду господарства перевезень (R_0 розраховане за наближено-реальним сценарієм) при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за:1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм.

З рис. Г.7 можемо визначити тенденції змін характерні для значень технологічного ризику майбутнього періоду, розрахованого по господарству перевезень за умови, що R_0 розраховане за наближено-реальним сценарієм, у порівнянні з показниками загального ризику теперішнього періоду. Так, величина ризику майбутнього періоду, прогнозована лінійно за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 48%, за песимістичним – зростає вдвічі.

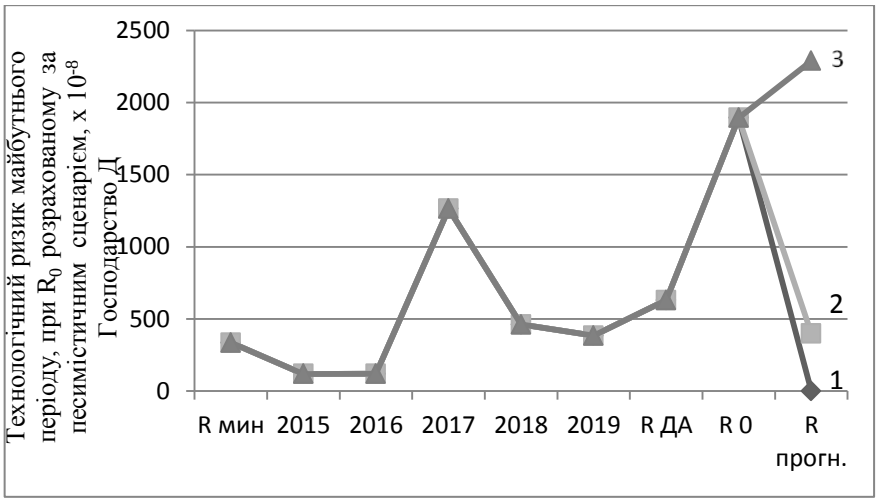
З даних приведених на рис. Г.7, б, бачимо, що показник ризику майбутнього періоду, розрахований при ймовірнісному прогнозуванні за оптимістичним сценарієм зменшується до найменшого можливого значення, за наближено-реальним – зменшується більше ніж в 3 рази, залишаючись в діапазоні величин ризику минулого періоду, за песимістичним – зростає більше ніж в 2 рази.

При цьому необхідно відмітити, що показник ризику майбутнього періоду, отримані при ймовірнісному прогнозуванні за песимістичним

сценарієм, більший від аналогічного показника, отриманого при лінійному прогнозуванні лише на 2%.



а



б

Рис. Г.8. Технологічний ризик майбутнього періоду господарства перевезень, розрахований з застосуванням методу ймовірнісного прогнозування за трьома сценаріями, при R_0 розрахованому за: песимістичним сценарієм: 1 – оптимістичний сценарій; 2 – наближено-реальний сценарій; 3 – песимістичний сценарій

Прогнозні показники технологічного ризику, приведені на рис. Г.8, мають наступні відхилення від показників теперішнього періоду:

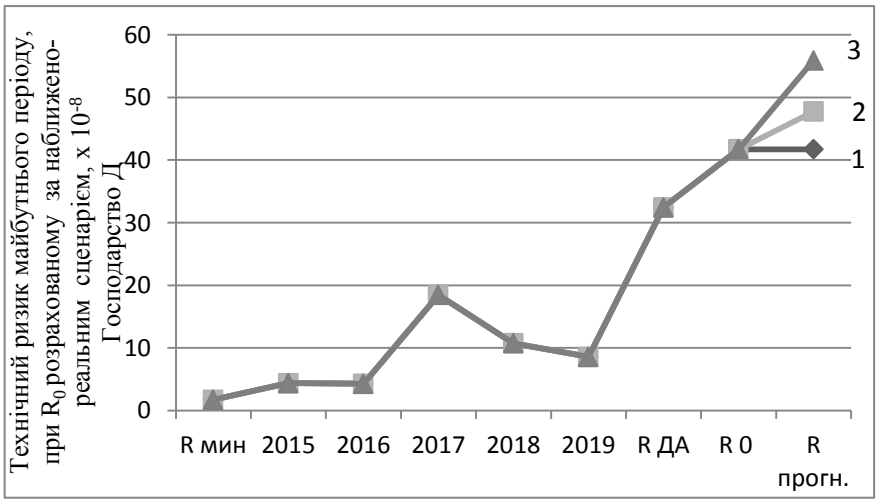
- технологічний ризик майбутнього періоду, розрахований при лінійному прогнозуванні за оптимістичним сценарієм зростає менше ніж на

1%, за наближено-реальним – зростає на 26,8%, за песимістичним – зростає на 60,5%;

- технологічний ризик майбутнього періоду, розрахований при ймовірнісному прогнозуванні за оптимістичним сценарієм зменшується до найменшого можливого значення, за наближено-реальним – зменшується більше ніж в 4 рази, залишаючись в діапазоні величин ризику минулого періоду, за песимістичним – зростає більше ніж на 20%.

Результати розрахунків технічного ризику майбутнього періоду по господарству перевезень при показнику R_0, отриманому за наближено-реальним сценарієм та R_0, отриманому за песимістичним сценарієм приведені на рис. Г.9 та Г.10.

З даних приведених на рис. Г.9 можемо спостерігати наступні відхилення технічного ризику майбутнього періоду, розрахованого по господарству перевезень, від показників технічного ризику на теперішній період: прогнозний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм при лінійному прогнозуванні зростає менше ніж на 1%, за наближено-реальним – зростає на 14,3%, за песимістичним – зростає на 33,3%; прогнозний ризик, розрахований за оптимістичним сценарієм при ймовірнісному прогнозуванні зменшується до найменшого можливого значення, за наближено-реальним – зменшується майже у 8,5разів, за песимістичним – зростає у 1,5 рази.



а

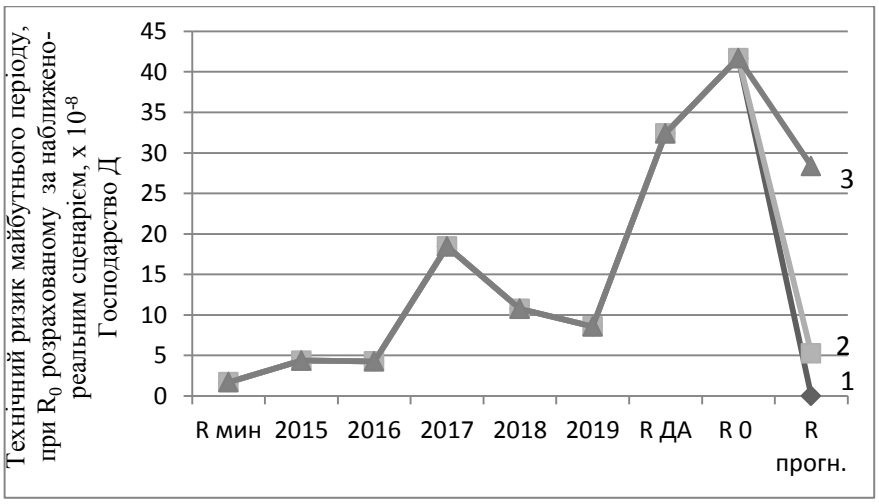
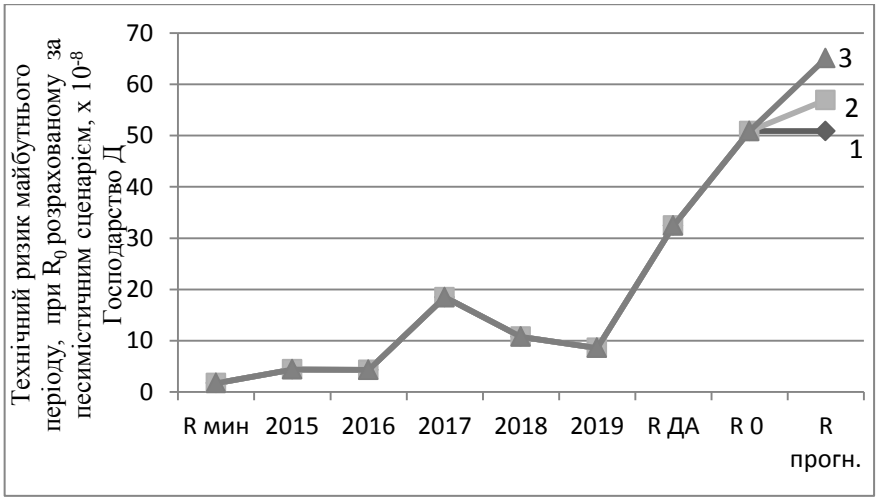
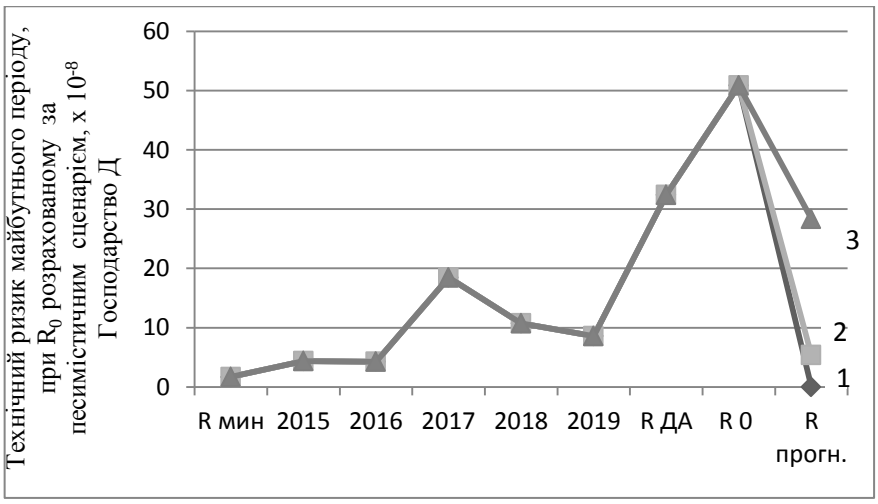


Рис. Г.9. Технічний ризик майбутнього періоду господарства перевезень (R_0 розраховане за наближено-реальним сценарієм) при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за:1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

З рис. Г.10, а, бачимо, що величини прогнозного ризику мають стійку тенденцію росту. Ризик отриманий за оптимістичним сценарієм залишається майже на рівні ризику теперішнього періоду (має зростання менше ніж на 1%). При цьому ризик отриманий за наближено-реальним сценарієм зростає на 11,8%, а ризик отриманий за песимістичним сценарієм перевищує показник теперішнього періоду на 27,5%.



а



б

Рис. Г.10. Технічний ризик майбутнього періоду господарства перевезень (R_0 розраховане за песимістичним сценарієм) при лінійному (а) та ймовірнісному (б) прогнозуванні за: 1 – оптимістичним сценарієм; 2 – наближено-реальним сценарієм; 3 – песимістичним сценарієм

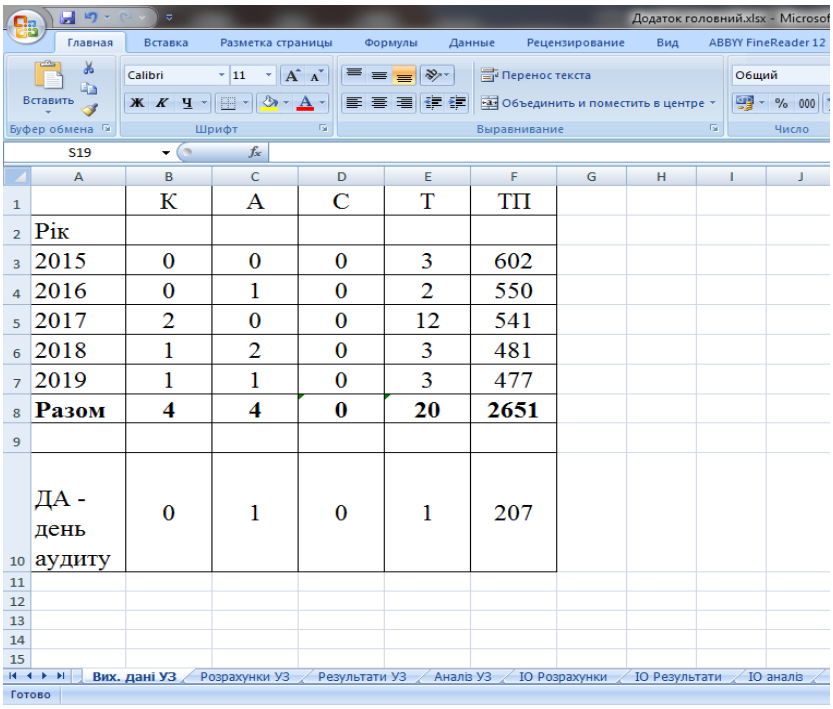
Для даних приведених на рис. Г.10, б, характерна інша тенденція. Оптимістичний сценарій зводить ризики до найменшого можливого значення, наближено-реальний – значення ризику зменшується майже в 10 разів у порівнянні з теперішнім періодом, проте не виходить з області ризиків минулого періоду, песимістичний сценарій свідчить про зменшення прогнозного ризику майже в 2 рази від ризику теперішнього періоду.

Додаток Д

програмна реалізація методики технічного аудиту розроблена в Microsoft Excel

Алгоритм виконання розрахунків і побудови графічних залежностей в процесі проведення технічного аудиту безпеки на залізничному транспорті реалізовано у вигляді програмного додатку з використанням середовища Microsoft Excel, що спрощує процес роботи аудитора і зменшує трудомісткість робіт.

Фрагменти програмної реалізації методики технічного аудиту розробленої в Microsoft Excel приведені на рис. Д.1 – Д.3.



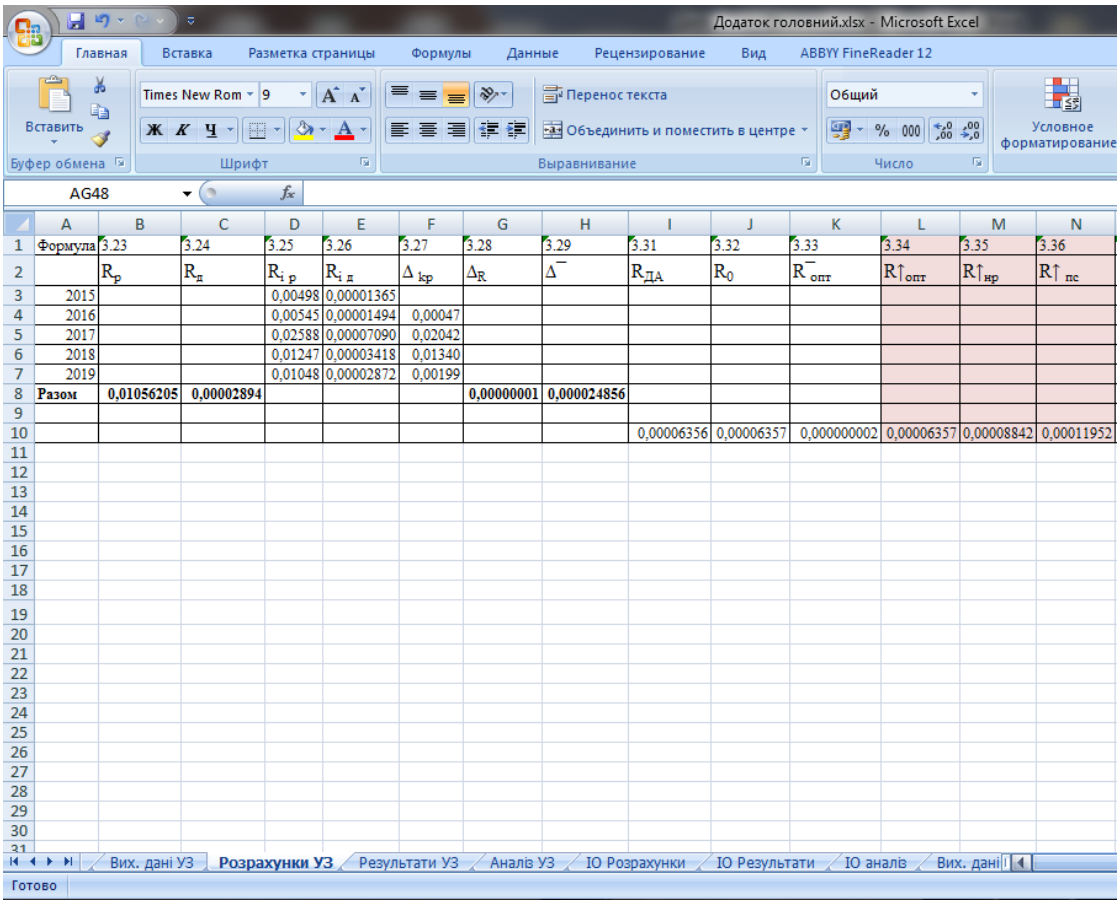
		К	А	С	Т	ТП
2	Рік					
3	2015	0	0	0	3	602
4	2016	0	1	0	2	550
5	2017	2	0	0	12	541
6	2018	1	2	0	3	481
7	2019	1	1	0	3	477
8	**Разом**	**4**	**4**	**0**	**20**	**2651**
9						
10	ДА - день аудиту	0	1	0	1	207

Рис. Д.1. Фрагмент закладки «Вихідні дані УЗ» для проведення розрахунків величини ризиків минулого, теперішнього та майбутнього періодів АТ «Українська залізниця»

Закладка «Вихідні дані УЗ», фрагмент якої приведено на рис. Д.1, містить інформацію про кількість порушень безпеки руху в АТ «Українська залізниця» у розрізі окремих інтервалів досліджуваного періоду. Зазначена інформація надається уповноваженим представником об’єкта технічного

аудиту, вноситься до закладки виконавцем аудиту та автоматично переходить до наступної закладки «Розрахунки УЗ», фрагмент якої приведено на рис. Д.2.

В комірках закладки «Розрахунки УЗ» прописані формули 3.23-3.29, 3.31-3.40, що після внесення інформації до закладки «Вихідні дані УЗ» дозволяє отримати результати розрахунків усіх величин ризику минулого, теперішнього та майбутнього періодів.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Формула	3.23	3.24	3.25	3.26	3.27	3.28	3.29	3.31	3.32	3.33	3.34	3.35	3.36
2		$R_р$	$R_д$	$R_{i\ р}$	$R_{i\ д}$	$\Delta_{кр}$	Δ_R	$\bar{\Delta}$	$R_{ДА}$	R_0	$\bar{R}_{опт}$	$R\uparrow_{опт}$	$R\uparrow_{нр}$	$R\uparrow_{пс}$
3	2015			0,00498	0,00001365									
4	2016			0,00545	0,00001494	0,00047								
5	2017			0,02588	0,00007090	0,02042								
6	2018			0,01247	0,00003418	0,01340								
7	2019			0,01048	0,00002872	0,00199								
8	**Разом**	**0,01056205**	**0,00002894**				**0,00000001**	**0,000024856**						
9														
10									0,00006356	0,00006357	0,000000002	0,00006357	0,00008842	0,00011952

Рис. Д.2. Фрагмент закладки «Розрахунки УЗ»

На рис. Д.2 бачимо номер формули згідно нумерації приведеної в роботі, назву показника, який знаходимо та результат розрахунку. Інформація щодо величин заданих показників автоматично переходить до закладки «Результати УЗ», фрагмент якої приведений на рис. Д.3.

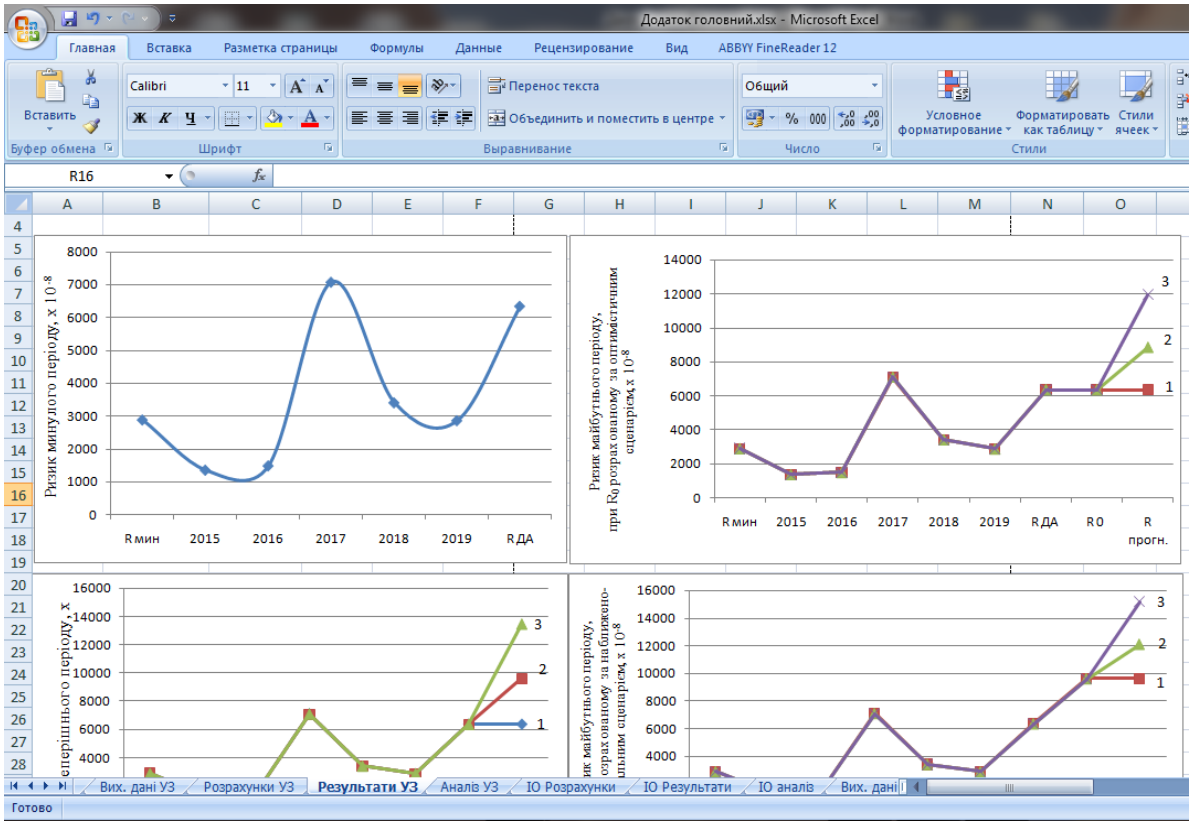


Рис. Д.3. Фрагмент закладки «Результати УЗ»

В закладці «Результати УЗ», результати проведених розрахунків переходять в категорію графічних зображень, які в подальшому використовуються виконавцем технічного аудиту для формування аналітичних матеріалів та аналізу динаміки показників.

Аналогічні закладки розроблені для кожного об’єкту технічного аудиту: АТ «Українська залізниця», окремого господарства, структурного підрозділу.

Додаток Е

Акти впровадження

АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО
«УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»
РЕГІОНАЛЬНА ФІЛІЯ «ОДЕСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»
СЛУЖБА ВАГОННОГО ГОСПОДАРСТВА
ЕКСПЛУАТАЦІЙНЕ ВАГОННЕ ДЕПО ЗНАМ'ЯНКА
вул.Партизанська 63А, м.Знам'янка, пошт.індекс 27400 тел. (05233) 6-21-21, факс (05233) 6-22-55

2.06.2020р NВЦDE7-03/721

Акт

про впровадження результатів досліджень

Виробничий підрозділ служби вагонного господарства Експлуатаційне вагонне депо Знам'янка регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця» прийняло до впровадження в практику використання результатів теоретичних та експериментальних досліджень та рекомендації щодо визначення та прогнозування ризиків для підвищення безпеки руху поїздів, запропоновані Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, в особі аспіранта Булах М.О. та завідувача кафедри управління експлуатаційною роботою, к.т.н., доц. Окорокова А.М., що містять:

- підхід до оцінки стану безпеки руху, визначення ризиків транспортних процесів; методику прогнозування ризиків для встановлення можливостей зміни показників безпеки руху;
- методику застосування технічного аудиту транспортних процесів на залізничному транспорті;
- рекомендації з підвищення безпеки руху поїздів.

Начальник виробничого підрозділу
служби вагонного господарства
Експлуатаційне вагонне депо
Знам'янка регіональної філії
«Одеська залізниця»
АТ «Українська залізниця» В.Ю. Буряк

АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО
«УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»
ВИРОБНИЧИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ЗНАМ'ЯНСЬКА ДИРЕКЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
вул. М. Грушевського, 10, м. Знам'янка, 27400, тел. (05233) 6-33-50, факс (05233) 2-20-93

28.05.2020 № ДЗТ 243/2020

Акт
про впровадження результатів досліджень

Виробничий підрозділ «Знам'янська дирекція залізничних перевезень» Регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Українська залізниця», розглянувши матеріали теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних в дисертації аспірантом Булах М.О., прийняло до впровадження в практику використання її результатів та рекомендації щодо оцінки стану безпеки руху поїздів, що розроблені в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна аспірантом Булах М.О. та, які містять:

- методику оцінки стану безпеки руху на залізничному транспорті;
- методику прогнозування стану безпеки руху з визначенням ризиків транспортних процесів на залізниці;
- рекомендації по підвищенню безпеки руху поїздів та можливості використання програмного прикладного додатку для розрахунку ризиків усіх часових періодів.

Начальник виробничого підрозділу
«Знам'янська дирекція залізничних
перевезень» Регіональної філії
«Одеська залізниця»
АТ «Українська залізниця» В.В. МАТВІЄНКО