

## 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 забезпеченні 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 апіорними, 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, встановлено, 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 апіорними, 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 апіорні 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, апіорний 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. Огороков, А. М. Розширення цілей практичного застосування технічного аудиту на підприємствах залізничного транспорту / А. М. Огороков, 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. Огороков, А. М., Інтегральна оцінка стану безпеки руху поїздів на залізниці під час технічного аудиту / А. М. Огороков, 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. Огороков, А. М. Незалежний технічний аудит об'єктів залізничного транспорту / А. М. Огороков, М. О. Булах // Тези II-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Енергооптимальні технології перевізного процесу». – Львів. – 2017. – С. 87-88.

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

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

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

***- які додатково відображають наукові результати дисертації:***

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

2. Огороков, А. М. Система ризиків транспортного процесу на залізницях України / А. М. Огороков, 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.