

## АНОТАЦІЯ

**Кульова Д. О. Формування автоматизованої технології перевезення небезпечних вантажів на основі ризик-орієнтованих підходів.**  
Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології». – Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2020.

Дисертацію присвячено питанню формування автоматизованої технології перевезення небезпечних вантажів (НВ), яка надає можливість оперативному персоналу приймати обґрунтовані та зважені рішення щодо вибору раціональної композиції вагонів з НВ різних груп сумісності та подальшого просування таких поїздопотоків в умовах пасажирського руху, що сприятиме підвищенню рівня безпеки за рахунок використання ризик-орієнтованих підходів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні наукового завдання удосконалення технології управління поїздопотоків з небезпечними вантажами на залізничних напрямках шляхом впровадження автоматизованої, інтелектуальної системи семіотичного типу на основі розробленого комплексу моделей, які забезпечують реалізацію вищезазначеної технології.

*Вперше:*

– формалізовано процедуру визначення раціональної композиції вантажного поїзда з небезпечним вантажем, яка на відмінну від існуючих дає змогу сформувавши «достатньо безпечний» поїзд, враховуючи сумісність НВ різних категорій та класів безпеки при формуванні складу поїзда;

– з метою оцінювання наслідків аварійних ситуацій з вагонами з НВ при перевезенні їх залізничним транспортом розроблено метод оцінки ризиків з використанням апарату нечіткої логіки та нечітких множин, який на відміну від існуючих дозволяє знизити ризик настання більш значних наслідків в результаті аварійної ситуації;

– з метою динамічного опису поїзних станів в реальному режимі часу розроблено підхід щодо моніторингу та активного просування поїздопотоків з небезпечними вантажами у вигляді абстрактного моделювання оперативних процесів, який на відмінну від існуючих базується на семіотичній основі, що дозволяє мінімізувати темпоральні показники прийняття рішення щодо оперативних поїзних обставин;

*Удосконалено:*

– структуру і комплекс задач АСКВПУЗ-Є, шляхом інтеграції у її склад автоматизованої технології вибору раціонального варіанту формування поїздів з НВ та їх просування в умовах пасажирського руху.

Практичні результати роботи полягають у формуванні автоматизованої технології перевезення небезпечних вантажів на основі ризик-орієнтованих підходів. Зазначена технологія дає змогу контролювати процес транспортування НВ, з огляду на їх різні класи та категорії сумісності, від моменту формування поїзду, вибору раціонального маршруту до подальшого просування по мережі залізниці, що дає змогу оперативному персоналу станції приймати зважені управлінські рішення в умовах динамічного характеру перевізного процесу.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 20 наукових праць, з яких 5 наукових статей у фахових виданнях, затверджених МОН України, у тому числі 4 стаття у базі даних Scopus та Web of Scienes, а також 16 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, відображено зв'язок роботи з науковими темами та програмами, розкрито наукову новизну та практичну цінність дисертаційної роботи, подано її загальну характеристику.

У першому розділі дисертаційного дослідження проведено аналіз статистичних даних щодо перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. На основі проведеного аналізу офіційних даних, наданих Міністерством Інфраструктури України, стану аварійності при перевезенні

небезпечних вантажів, визначено, що за 2017–2019 роки по всіх видах транспорту зафіксовано загалом 78 транспортних подій, з яких 100% припадає на залізничний транспорт. Такий стан ситуації вимагає швидкої розробки техніко–технологічних заходів щодо усунення причин аварійних ситуацій та зменшення негативних наслідків від них.

Разом з цим проведено аналіз основних експлуатаційних показників роботи залізниці, адже процес перевезення НВ є невідомою частиною загальної технології перевезення вантажів залізничним транспортом. За останні 2 роки об'єм транзитних перевезень знизився на 13%, хоча значна частина потенціалу транспортної галузі задіяна у виконанні таких перевезень, середній час простою транзитного вагону на технічній станції збільшився на 1,2 години, що становить близько 7%, обіг вантажного вагону – основний комплексний показник роботи не має суттєвих змін за останні роки в сторону покращення. Визначені негативні тенденції свідчать про недосконалість існуючих автоматизованих технологій формування та просування вагоно- та поїздопотоків у ому числі з небезпечним вантажами, що веде до втрати позицій залізничного транспорту в умовах зростаючої конкуренції з іншими видами транспорту.

Аналіз нормативно-правової документації в сфері перевезення небезпечних вантажів показав, що до організації перевізного процесу з такими вантажами пред'являються певні додаткові вимоги, які спрямовані на забезпечення підвищеного рівня безпеки при їх перевезенні. Однак в певних випадках такі вимоги носять локальний характер, а саме: згідно нормативних документів забороняється завантаження небезпечних вантажів визначених класів в один транспортний засіб з метою зменшення можливих негативних наслідків від настання аварійних ситуацій з ними (вибух, пожежа та ін.); також забороняється відправлення поїздів по дільниці та виконання маневрової роботи без вагонів прикриття локомотива від вагонів з небезпечними вантажами. У якості таких вагонів можуть виступати або порожні вагони або вагони завантажені звичайною категорією вантажів. Однак в цих умовах

фактично відсутні вимоги щодо порядку виконання процедури формування составів поїздів з вагонами завантаженими небезпечними вантажами різних груп сумісності, що тягне за собою ризик виникнення більш значних наслідків в результаті настання аварійної ситуації. Таким чином мова йде про підвищення ризиків при виконанні експлуатаційної роботи. Разом з цим спроби зменшення ризиків оперативним персоналом за рахунок вживання додаткових заходів при формуванні составів поїздів може призвести до значного негативного впливу на основні експлуатаційні показники. З цього слідує важливість врахування вищезазначених умов не тільки в межах завантаження в один вагон, а на рівні формування составу поїзда.

У другому розділі розроблено автоматизовану технологію формування «достатньо безпечного» поїзду з НВ з елементами штучного інтелекту на основі оптимізаційної математичної моделі раціональної композиції рухомого складу з вагонами з НВ різних класів сумісності. Цільова функція математичної моделі має в своєму складі 2 компоненти – загальні експлуатаційні витрати, які припадають на: розформування-формування поїздів за допомогою сортувальної гірки, формування поїзду з боку витяжної колії, простій вагонів в очікуванні визначених технологічних операцій та величину ризику настання несприятливої події з більш значним наслідками в її результаті, яка залежить від певної композиції составу вантажного поїзда з НВ. Для вирішення цільової функції математичної, оптимізаційної моделі комбінаторного типу в дослідженні використовується інноваційний метод на основі генетичного алгоритму.

Основні етапи роботи ГА полягають у формуванні батьківської пари хромосом з закодованою інформацією про визначену послідовність вантажних вагонів з НВ, вагонів зі звичайними вантажами та порожніх вагонів в поїзді. На наступному етапі з метою формування нових популяцій використовується трьох точковий оператор кросинговеру та оператори «видалення» (delete) і «вставлення» (paste). В результаті чого отримується раціональна композиція вантажного поїзду з розташуванням вагонів між

собою, що забезпечує прийнятний рівень безпеки згідно до розбленої концепції поділу на групи небезпеки несумісних класів з небезпечними вантажами, що дозволяє знизити рівень ризику більш значних наслідків в результаті аварійної ситуації. До того ж завдяки застосуванню визначеного методу стає можливим отримати раціональні рішення за порівняно незначний час, що є обов'язковою умовою виконання експлуатаційної роботи в оперативних умовах.

Для вирішення компоненти ризику цільової функції моделі розроблено метод оцінювання наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом. Метод заснований на формуванні комплексного критерію, який враховує фактори впливу на величину ризику, що, в свою чергу, залежить від певної композиції складу вантажного поїзду з небезпечними вантажами. Запропонований критерій, який характеризується умовою певної невизначеності залежить від: кількості груп вагонів з небезпечними вантажами в складі поїзда, що формується; загальної кількості вагонів з небезпечними вантажами, ступінь небезпеки групи, до якої віднесено вагони з небезпечними вантажами та кількість випадків сумісного розташування вагонів різних груп небезпеки. Значення факторів, що постійно змінюються описано за допомогою апарату нечіткої логіки та нечітких множин. Використання даного апарату дозволило комплексно виявити взаємний вплив вищезазначених факторів на більш безпечний варіант формування складу поїзда на сортувальних станціях. На наступному етапі для вже сформованого поїзду проводиться вибір найбільш безпечного раціонального маршруту слідування на основі визначення можливих наслідків від настання аварійної ситуації шляхом формалізації процедури визначення ризиків.

У третьому розділі з метою подальшого контролю за транспортуванням «достатньо безпечних» поїздопотоків сформовано автоматизовану технологію перевезення небезпечних вантажів на основі модифікації мови поїзних ситуацій у вигляді абстрактного моделювання оперативних процесів.

Представлений підхід дозволить забезпечити максимально швидку реалізацію алгоритмів прийняття рішень оперативним персоналом при потужній підтримці автоматизованого комплексу диспетчерського управління. Дана технологія семіотичного типу базується на моделюванні когнітивних процесів прийняття рішення диспетчерським апаратом для раціонального вирішення складних поїзних ситуацій в мінливих оперативних умовах при врахуванні значної кількості факторів. Для досягнення поставленої мети в дисертаційному дослідженні розроблена база даних, що носить нормативно-довідковий характер про існуючу документальну базу та оперативний стан інфраструктурної складової, а також містить в собі типові або унікальні ситуації, які виступають основою для прийняття рішення в оперативній поїзній ситуації на перегоні та станції.

Розроблена технологія диспетчерського управління надає можливість оперативним працівникам залізниці в режимі динамічного корегування враховувати та мінімізувати кількість схрещень поїздів з НВ на перегонах та станціях, схрещень поїздів з НВ з пасажирськими, швидкісними та поїздами підвищеної ваги, довжини і негабаритними вантажами. Оперативний персонал буде отримувати вказівки, який поїзд необхідно пропустити, прийняти та відправити в першу чергу, на які колії приймати з узгодженням з ГРП та ПФП.

У четвертому розділі для визначення синергетичного ефекту від технології формування та просування поїздопотоків з небезпечними вантажами поставлено трьох етапне завдання детального опису ризик-орієнтованої технології формування поїзда з НВ в умовах автоматизованих робочих місць оперативного персоналу (АРМ ДСЦ та АРМ ДНЦ), детального опису технології активного моніторингу за рухомими одиницями в термінах абстрактного моделювання оперативних процесів та синтезу визначених технологій формування та просування поїздопотоків з небезпечними вантажами в єдину екосистему АРМів оперативних працівників.

Інтеграція даної технології до АСКВПУЗ-Є надало можливість автоматизувати процес формування та просування поїздопотоків з

небезпечними вантажами в умовах зменшення ризиків. Це дозволяє надавати інформаційно-технологічну підтримку прийняття рішення оперативному персоналу починаючи від моменту формування складу поїзда з небезпечними вантажами різних класів, вибору раціонального маршруту їх прямування та подальшого просування таких поїздо- та вагонопотоків. Даний підхід дозволяє підвищити рівень безпеки перевізного процесу та покращити основні показники експлуатаційної роботи.

**Ключові слова:** небезпечні вантажі, інтелектуальна семіотична технологія, графік руху поїздів, оперативний персонал

## SUMMARY

***Kulova D. O. Formation of the automated technology for transporting dangerous goods based on risk-oriented approaches.*** – Qualifying Scientific Work as a Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the PhD on a specialty 275 – Transport technologies – Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2020.

The thesis is devoted to the formation of the automated technology for transporting dangerous goods which allows operational personnel to make informed and balanced decisions regarding the choice of a rational composition of cars with dangerous goods of different compatibility groups and the further movement of such trains in passenger traffic, which will contribute to improving the level of safety through the use of risk-oriented approaches.

The scientific novelty of the thesis is solving the scientific problem of improving the technology for controlling train traffic with dangerous goods on railway routes by introducing an automated intelligent semiotic system based on the developed set of models that ensure the implementation of the above technology.

*For the first time:*

- procedure for the determination of rational composition of freight trains with dangerous goods was formalized, which, unlike the existing ones, allows to make a “safe enough” train, taking into account the compatibility of DG of different categories and classes of hazard in the train composition;

- in order to assess the consequences of accidents in which cars with DG are involved during the transportation by rail, a risk assessment method has been developed using fuzzy logic and fuzzy sets, which, unlike the existing ones, reduces the risk of more significant consequences of an accident;

- in order to dynamically describe train conditions in real time, an approach has been developed for monitoring and active movement control of trains with dangerous goods in the form of abstract simulation of operational processes, which, unlike the existing ones, is based on semiotics, which allows minimizing the temporal factors of decision-making regarding operational train circumstances;

*Improved:*

- the structure and complex of tasks of the Unified Automated Freight Transportation Management System of Ukrzaliznytsya, by integrating into its structure the automated technology for choosing a rational train formation option for DG and their movement control in passenger traffic.

The practical results of the work are the formation of an automated technology for transporting dangerous goods based on risk-oriented approaches. This technology provides for controlling the process of transporting DG taking into account their different classes and categories of compatibility, from the point of train formation, the choice of a rational route to further movement control in the railway network, which allows the operational staff of the station to make informed management decisions in the changing transportation process.

On the basis of the materials of the thesis, 21 scientific works were published, including 5 scientific articles in specialized journals approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine, among them 4 articles in the Scopus and Web of Sciences databases, and 16 abstracts at scientific conferences.

In the Introduction, the relevance of the chosen topic is justified, the purpose, tasks, object and subject of the study are formulated, relation of the work with research topics and programmes is shown, the scientific novelty and practical value of the thesis is revealed, its general characteristics are given.

Chapter One of the thesis research contains the analysis of statistical data on the transportation of dangerous goods by rail. Based on the analysis of official data on accidents during shipment of dangerous goods provided by the Ministry of infrastructure of Ukraine, it was found that in 2017-2019, 78 transport accidents were recorded for all types of transport, of which 100% were in the railway transport. This situation requires prompt development of technical and technological measures to eliminate the causes of accidents and reduce their negative consequences.

In addition, the analysis of the main operational indicators of the railway was carried out, because the process of transporting DG is an integral part of the general technology of cargo transportation by rail. Over the past 2 years, the volume of transit traffic has decreased by 13%, although a significant part of the potential of the transport industry is involved in such transportation, the average downtime of a transit car at a technical station has increased by 1.2 hours, which is about 7%, and the turnover of a freight car – the main comprehensive indicator of performance – has not significantly changed in recent years for the better. Certain adverse trends indicate that the existing automated technologies for the formation and movement of car and train traffic, including dangerous goods, are imperfect, and as a consequence, the railway transport loses in competition with other modes of transport.

The analysis of normative and regulatory documents in the field of transportation of dangerous goods showed that the organization of the transportation process of such goods must meet certain additional requirements, the purpose of which is ensuring greater security during transportation. However, in certain cases, such requirements are local, namely: according to regulatory documents, loading dangerous goods of certain classes into one vehicle is prohibited in order to reduce the possible adverse consequences from the occurrence of accidents with them (such

as explosion, fire, etc.); it is also prohibited to send trains along the route and perform shunting without cars that protect the locomotive from cars with dangerous goods. These cars can be either empty cars or cars loaded with the usual category of cargo. However, in these conditions, there are actually no requirements regarding the procedure for formation of trains with cars loaded with dangerous goods of different compatibility groups, which entails the risk of more severe consequences as a result of an accident. Thus, the problem is increased risks during performance of operational work. At the same time, attempts to reduce risks by operational personnel by taking additional measures when trains are formed can lead to a critical adverse impact on the main operational indicators. This means that it is crucial to take into account the above-mentioned conditions not only when a car is loaded, but also when a train is composed.

In Chapter Two, the automated technology with elements of artificial intelligence for forming a “safe enough” train with DG is developed based on a mathematical optimization model of rational composition of rolling stock with cars with DG of different compatibility classes. The objective function of the mathematical model has two components – the general operating costs attributable to breaking up of a train, such as formation of a train in the gravity hump, formation of a train from the turnout track, idle time in waiting for specific operations and the amount of risk of adverse events with more severe consequences as a result, which depends on the specific composition of freight trains with DG. To solve the objective function of the mathematical optimization model of combinatorial type, an innovative method based on a genetic algorithm is used in the study.

The main stages of GA performance include the formation of a parent pair of chromosomes with encoded information about a certain sequence of freight cars with DG, cars with ordinary cargo and empty cars in the train. At the next stage, the three-point crossing over operator and the “delete” and “paste” operators are used in order to form new populations. As a result, a rational composition of a freight train with the arrangement of cars within it is obtained, which provides an acceptable level of safety according to the developed concept of classification into hazard groups of

incompatible classes of dangerous goods, which reduces the risk of more severe consequences as a result of an accident. In addition, due to the use of the determined method, it becomes possible to obtain rational solutions within a relatively short time, which is a prerequisite for performing operational work in operational conditions.

To solve the risk component of the target function of the model, a method for assessing the consequences of accidents involving dangerous goods during the transportation by rail was developed. The method is based on the formation of a complex criterion that takes into account the factors that influence the amount of risk, which, in turn, depends on the specific composition of the freight train with dangerous goods. The proposed criterion, which is characterized by some uncertainty, depends on the number of groups of cars with dangerous goods in the train being composed; total number of cars with dangerous goods; the degree of hazard of the group, which includes cars with dangerous goods and the number of cases of close arrangement of cars of different categories of risk. The value of constantly changing factors is described using the fuzzy logic apparatus and fuzzy sets. The use of this apparatus enabled comprehensive identification of the mutual influence of the above-mentioned factors on a safer option of train composition in marshalling yards. At the next stage, the most safe and rational route is selected for an already formed train based on determining the possible consequences of an accident by formalizing the risk determination procedure.

In Chapter Three, with the purpose of further control of the transportation of “safe enough” trains, the automated technology for the shipment of dangerous goods is formed based on the modification of the language of train situations in the form of abstract simulation of operational processes. The presented approach will contribute to ensuring the fastest possible implementation of decision-making algorithms by operational personnel with the powerful support of the automated dispatching control system. This semiotic-type technology is based on simulation of cognitive decision-making processes by the dispatcher's apparatus for rational resolving of complicated train situations in changing operational conditions, taking into account multiple

factors. To achieve this goal, the thesis research has developed a database of the regulatory and reference nature about the existing documentary base and the operational state of the infrastructure component, and also contains typical or unique situations that are used as the basis for making decisions in the operational train situation during movement and at the station.

The developed dispatching control technology allows operative personnel of the railway to take into account and minimize the number of intersections of trains with DG during movement and at the stations, intersections of trains with DG with passenger, high-speed and high-weight trains, long and oversized cargo in the online correction mode. Operational personnel will receive instructions on which train must run through, or which must be accepted and sent first, and on which tracks they must be taken in accordance with the general schedule and the train formation plan.

In Chapter Four, to determine the synergistic effect of the technology for formation and movement of trains with dangerous goods, a three-stage task is set: a detailed description of the risk-oriented technology of formation trains with DG for the automated workplaces of operational personnel (automated workplace of shunting dispatcher and automated workplace of train dispatcher), a detailed description of the technology for active monitoring of mobile units in terms of abstract simulation of operational processes and synthesis of certain technologies for formation and movement of trains with dangerous goods into a single ecosystem of operational personnel's automated workplaces.

Integration of this technology into the Unified Automated Freight Transportation Management System of Ukrzaliznytsya enabled to automate the process of formation and movement of trains with dangerous goods with simultaneous risk reduction. Thus, information and technological support for decision-making will be provided to operational personnel from the point of formation of a train with dangerous goods of different classes, choosing a rational route for them and further movement of such trains and cars. With this approach, the level of safety of the transportation process can be increased and the main indicators of operational work can be improved.

**Keywords:** dangerous goods, intelligent semiotic technology, train schedule, operational personnel.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

1. Лаврухін О.В., Мкртичян Д.І., Кульова Д.О. Аналітичні передумови формування автоматизованої інтелектуальної технології активного супроводження перевезення небезпечних вантажів. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2016. Вип. 165. С. 159-166. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.165.2016.87776>

2. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D., Panchenko A. Formation of a model for the rational placement of cars with dangerous goods in a freight train. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 149. P. 28–35.

3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevchenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.163442

4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. *SHS Web of Conferences*. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>

5. Lavrukhin O., Vernyhora R., Schevchenko V., Kyman A., Shulika O., Kulova D., Kim K. Forming an automated technology to actively monitor the transportation of dangerous cargoes by railroad. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3, Issue 3 (105). P. 78-85. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205862>

### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

6. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Перспективи розвитку передових технологій небезпечних вантажів в умовах використання передових технологій.

*Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: тези 29-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. (Черноморськ, 27-29 вер. 2016р.). Черноморськ: УкрДУЗТ, 2016. С. 2. (заочна участь)*

7. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Обґрунтування доцільності формування інтелектуальної технології оперативного супроводження процесу перевезення небезпечних вантажів. *Актуальні проблеми сучасного управління соціально-економічних, технічних та гуманітарних системах: тези наук.-практ. конф. (Сєверодонецьк, 24-26 лист. 2016р.). Сєверодонецьк: Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, 2016. С. 68-71. (заочна участь)*

8. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Перспективи створення інтелектуальної автоматизованої технології формування поїздопотоків з небезпечними вантажами різних категорій та класів безпеки. *Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті: тези X Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 14-15 груд. 2016 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2016. С. 30-31. (заочна участь)*

9. Лаврухін О.В., Киман А.М., Кульова Д.О. Формування комплексної просторово-часової моделі просування групових поїздів оперативного призначення. *Розвиток інноваційної та наукової діяльності на транспорті: тези 79-ї Міжнар. наук.-техн. конф. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. (Харків, 25-27 квіт. 2017 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2017. С. 190-192. (особиста участь)*

10. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Визначення підходів щодо розробки інтелектуальної технології формування та просування поїздопотоків з небезпечними вантажами різних груп сумісності. *Проблеми розвитку транспорту і логістики: тези VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Сєверодонецьк-Одеса, 26-28 квіт. 2017 р.). Сєверодонецьк-Одеса: Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, 2017. С. 96-97. (заочна участь)*

11. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Шляхи розробки моделі організації перевізного процесу з небезпечними вантажами в умовах існування ризиків. *Людина, суспільство, комунікативні технології: тези V Міжнар. наук.-практ.*

конф. (Харків-Лиман, 22-23 вер. 2017 р.). Харків-Лиман: УкрДУЗТ, 2017. С. 248-249. (заочна участь)

12. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Удосконалення технології перевезення небезпечних вантажів на основі систем супутникового позиціонування. *Сучасні інноваційні та інформаційні технології в перевезенні небезпечних вантажів*: тези 1-ї Міжнар наук.-практ. конф. (Харків, 16-17 листопада 2017 р.) Харків: УкрДУЗТ, 2017. С. 23-24. (особиста участь)

13. Лаврухін О.В., Киман А.М., Кульова Д.О. Формування математичної моделі раціональної композиції рухомого складу із вагонами з небезпечними вантажами. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*: тези 80-ї Міжнар. наук.-техн. конф. (Харків, 24-26 квіт. 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 133-134. (особиста участь)

14. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Формування математичної моделі пошуку раціональних варіантів формування і просування поїздів з небезпечними вантажами різних класів. *Технології та інфраструктура транспорту*: тези Міжнар. наук.-техн. конф. (Харків, 14-16 трав. 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 191-192. (особиста участь)

15. Лаврухін О.В., Кульова Д.О., Бойко С. А. Організація перевізного процесу небезпечних вантажів в умовах зниження рівня ризику та експлуатаційних витрат. *Людина, суспільство, комунікативні технології*: тези VI Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків-Лиман, 14-15 вер. 2018 р.) Харків-Лиман: УкрДУЗТ, 2018 С. 274-275. (очна участь)

16. Lavrukhin O., Kulova D. Precondition to devise estimation techniques for consequences with dangerous goods due emergency situations. *Globalization of scientific and educational space. Innovation of transport. Problems, experience, prospects*: Theses of international scientific and practical conference (Salou (Spain), 4-11 May 2019.). Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. P. 51-53.

17. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Визначення параметрів впливу на формування поїзду з небезпечними вантажами різних класів. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна*

*логістика*: тези п'ятнадцятої Міжнар. наук.-практ. конференції (Харків, 6-8 черв. 2019 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2019. С. 75-77. (особиста участь)

18. Лаврухін О.В., Кравець А. Л., Кульова Д.О. Напрямки покращення роботи залізничного транспорту при розширенні послуг щодо перевезення вантажів малих обсягів. *Сучасний рух науки*: тези VI Міжнар. наук.-практ. інтернет конф., 2019. С. 627-631

19. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Формування підходу щодо управління ризиками при перевезенні небезпечних вантажів різних класів. *Людина, суспільство, комунікативні технології*: тези VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків-Лиман, 26-27 черв. 2019 р.) Харків-Лиман: УкрДУЗТ, 2019 С. 248-249.

20. Панченко С. В., Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Формалізація процедури визначення основних параметрів оцінювання наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами. *Сучасні інноваційні та інформаційні технології в перевезенні небезпечних вантажів*: тези 2-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 14-15 лист. 2019 р.) Харків: УкрДУЗТ, 2019. С. 6-7.

***Додаткові праці, які відображають результати дисертації:***

21. Lavrukhin O., Kravets A., Parkhomenko L., Kulova D., Panchenko A., Ivaskovska N. Improving the Quality of Railway Operation to Extend the Services of Transportation of Cargo of Small Volume. *Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure*. 2020. Vol. 1. P. 35-43. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39688-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39688-6_6)