

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**РУСТАМОВ РУСТАМ ШАІКОВИЧ**

УДК 656.225:656.213

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

\_\_\_\_\_ Р. Ш. Рустамов

Науковий керівник Р. В. Вернигора, канд. техн. наук, доцент

Дніпро – 2020



## АНОТАЦІЯ

*Рустамов Р. III. Підвищення ефективності експлуатації рухомого складу залізничного транспорту при перевезенні зернових вантажів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпро, 2020.

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують наукове завдання підвищення ефективності експлуатації рухомого складу при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом на експорт за рахунок формування експортно-орієнтованої мережі вузлових станцій навантаження зернових маршрутних поїздів.

Метою дослідження є підвищення ефективності експлуатації рухомого складу при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом у морські порти за рахунок формування експортно-орієнтованої мережі вузлових станцій навантаження зернових маршрутних поїздів.

Для досягнення вказаної мети у дисертації були поставлені та вирішені наступні задачі:

- аналіз сучасних напрямків підвищення ефективності системи експлуатації рухомого складу при перевезенні зернових вантажів;
- дослідження існуючої системи забезпечення експортних перевезень зернових вантажів в Україні та показників експлуатації рухомого складу залізничного транспорту при перевезенні зерна;
- дослідження умов ефективної експлуатації рухомого складу залізниць при перевезенні зерна;
- удосконалення імітаційної моделі процесу перевезення зернових вантажів залізничним транспортом;
- формування експортно-орієнтованої мережі вузлових залізничних станцій для забезпечення навантаження зернових маршрутних поїздів;



– оцінка ефективності експлуатації рухомого складу залізниць при організації руху зернових маршрутних поїздів.

Наукові результати, які отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені методи можуть бути використані для удосконалення та оцінки системи організації вагонопотоків при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом у порти на експорт, планування розподілу вагонів-зерновозів під навантаження зерна та тягового рухомого складу під зернові поїзди. Результати роботи використані для удосконалення технології залізничних перевезень зернових вантажів у морські порти Одеського регіону та у навчальному процесі при підготовці магістрів Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за освітньою програмою 275.02 «Транспортні технології на залізничному транспорті».

Основний текст дисертації складається із чотирьох розділів.

У першому розділі виконано всебічний аналіз проблеми підвищення ефективності залізничних перевезень зернових вантажів до морських портів на експорт. Зернова галузь є базою та джерелом сталого розвитку агропромислового комплексу й основою аграрного експорту України. Наразі Україна впевнено займає лідируючі позиції серед світових виробників і експортерів зерна.

Більше 95% експорту українського зерна здійснюється через морські порти; при цьому майже 70% зернових вантажів у порти доставляється залізничним транспортом. Аналіз показує, що існуюча система залізничних перевезень зернових вантажів на експорт часто демонструє свою неефективність. Серед основних проблем – значна розпорошеність та низька навантажувальна спроможність станцій, зношеність вагонів та недосконала система оперування ними, дефіцит локомотивної тяги, організація перевезень значних обсягів зерна вагонними відправками. Таким чином, удосконалення системи експлуатації рухомого складу залізниць при організації перевезень зернових вантажів на експорт є одним із ключових завдань для зниження транспортної складової та забезпечення конкурентності українського зерна на зовнішніх ринках. Одним з шляхів підвищення конкурентоспроможності вітчизняного зерна на світових ринках є по-



будова ефективної системи експлуатації рухомого складу залізничного транспорту при організації експортних перевезень.

Аналіз наукових джерел та досвіду роботи залізниць у інших країнах показує, що найбільш перспективним напрямком удосконалення системи перевезень масових вантажів, зокрема, зерна, є маршрутизація вагонопотоків. Маршрутизація дозволяє скоротити строки доставки вантажів, покращити показники експлуатації рухомого складу та відповідно зменшити витрати на перевезення.

У другому розділі виконано аналіз існуючої системи забезпечення експорту українського зерна, а також досліджено параметри вагонопотоків з зерном у напрямку морських портів.

Система, що забезпечує експорт зерна, включає систему зберігання зерна, перевалочні потужності морських портів та систему транспортування зерна.

Система зберігання зерна, що забезпечує його експорт, представлена близько 1200 елеваторами загальною потужністю 48 млн. т. та наразі активно розвивається. Перевалку зерна в 13 портах здійснюють близько 30 терміналів, загальною потужністю 66 млн. т. Аналіз показав, що наявна елеваторна та портова інфраструктура, а також динаміка її розвитку дають підстави позитивно оцінювати можливості по освоєнню перспективних обсягів експорту зерна.

Транспортування зерна від лінійних елеваторів до портів здійснюється залізничним (майже 70% обсягів), автомобільним (близько 30%) та річковим (до 3%) транспортом. Автомобільний транспорт, забезпечуючи гнучкість та зручність системи транспортування для клієнтів, в першу чергу невеликих партій на короткі відстані, має найвищі тарифи. Окрім того, перевантажені автомобілі-зерновози руйнують дорожнє покриття та забруднюють повітря продуктами згоряння палива. Річкові перевезення мають найнижчу собівартість, однак нерозвинена портова інфраструктура та дефіцит суден наразі не дозволяють повністю використовувати потенціал річкового транспорту для перевезення українського зерна.

Однією з ключових проблем існуючої системи залізничних перевезень зернових вантажів є суттєва зношеність парку вагонів, а також неефективна си-



стема їх експлуатації. Так, з 2016 р. парк зерновозів збільшився на 40%, однак обіг вагона виріс на 30%. При цьому в структурі обігу зерновоза власне операція руху складає лише 20%, а близько 42% – простої на технічних станціях. Однією з причин такої ситуації є значна розпорошеність станцій навантаження зерна. Результати статистичної обробки даних АСКВП-УЗ-Є про рух вагонів з зерном показали, що з 572 станцій половина вантажать у середньому менше 1 вагона на добу, а третина станцій здійснює навантаження менше 30 днів на рік. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є концентрація навантаження зерна на вузлових станціях.

Перевезення зерна характеризуються значною як сезонною, так внутрішньо місячною нерівномірністю. Сезонна нерівномірність коливається в межах 1,3...1,4, а добова нерівномірність навантаження зерна – в межах від 1,15 (у листопаді) до 1,94 (у червні).

У третьому розділі отримано залежності, що дозволяють оцінити ефективність використання залізничного транспорту, зокрема, порівняно з автомобільним, в залежності від умов експлуатації рухомого складу, а також удосконалено імітаційну модель залізничного напрямку для дослідження руху вагонів з зерном.

В дисертації встановлено, що залізничний транспорт є більш конкурентоспроможним з автомобільним на відстанях більше 150 км під час перевезення у вагонах Укрзалізниці та на відстанях більше 500 км – у нових власних вагонах.

Визначено, що мінімальні додаткові витрати, які пов'язані з накопиченням вантажу на маршрут, досягаються при періоді у 4...6 діб та відстані підвозу автотранспортом до 30 км. Окрім того, встановлено, що за наявної інфраструктури для накопичення та формування маршруту відправник може скоротити витрати на перевезення на 30 грн на кожній тоні зерна, порівняно з вагонними відправками, а за наявності і парку власних вагонів – на 50...60 грн/т. У випадку ж відсутності необхідної інфраструктури або парку вагонів маршрутизація за існуючої тарифної політики для відправника буде економічно недоцільною.

З огляду на стохастичний характер роботи залізниць, для оцінки ефективності різних варіантів технології перевезень зернових вантажів у морські порти доцільно використовувати імітаційне моделювання. З цією метою в дисертації



було удосконалено імітаційну модель вантажних перевезень на залізничному напрямку за рахунок врахування можливості організації руху відправницьких маршрутів з вузлових станцій навантаження, зокрема, за розкладом, що дозволяє досліджувати ефективність різних технологій організації вагонопотоків з зерном. Імітаційна модель транспортної системи доставки зерна розроблена на основі об'єктно-орієнтованого підходу і реалізована у вигляді програмного комплексу.

У четвертому розділі вперше розроблено методику вибору вузлових станцій та районів концентрації навантаження зерна для формування відправницьких маршрутів, що базується на використанні апарату кластерного аналізу, теорії множин та багатокритеріальної оптимізації і дозволяє врахувати як множину інфраструктурно-технологічних параметрів транспортної мережі, так і експлуатаційно-економічні критерії ефективності.

На основі розробленої методики з використанням агломеративного алгоритму кластерного аналізу, що базується на стратегії об'єднання Варда та «канберрівській» мірі відмінності об'єктів, з множини 572 станцій було виділено 43 станції можливої концентрації навантаження зерна.

Задача формування районів концентрації навантаження навколо вузлових станцій формалізована як задача багатокритеріальної оптимізації з булевими змінними. У підсумковому рішенні до складу 24 районів концентрації навантаження зерна включено 70 станцій, що при мінімальних додаткових витратах забезпечує максимальний сумарний обсяг навантаження зерна маршрутами близько 7,5 млн. т. на рік.

Виконані за допомогою розробленої імітаційної моделі дослідження показали, що застосування відправницької маршрутизації дозволяє скоротити обіг вагона при перевезенні зерна у порт на 27%, а застосування технології руху відправницьких маршрутів за розкладом дозволяє скоротити обіг вагона на 50% та підвищити до 2 разів його продуктивність, у порівнянні з перевезенням вагонними відправками.

*Ключові слова:* експорт зерна, залізничні перевезення, експлуатація вагонів, маршрутизація перевезень, концентрація навантаження, імітаційне моделювання, обіг вагону.



## ABSTRACT

*Rustamov R.* Improving the operational efficiency of railway rolling stock during the transportation of grain cargo. – Manuscript of qualification scientific work.

The dissertation for obtaining a scientific degree of a Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), specialty 05.22.20 – operation and repair of vehicles. – Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2019.

The dissertation contains the results obtained by the author, which together solve the scientific problem of increasing the efficiency of rolling stock operation in the transportation of grain cargo by rail for export by forming an export - oriented network of nodal stations loading grain train trains.

The aim of the study is to increase the efficiency of rolling stock operation in the transportation of grain cargo by rail to seaports by forming an export-oriented network of nodal stations loading grain train trains.

To achieve this goal, the following tasks were set and solved in the dissertation:

- analysis of modern directions for increasing the efficiency of the rolling stock operation in transportation of grain cargo;
- study of the existing system of providing export transportation of grain cargoes in Ukraine and indicators of railway rolling stock operation during grain transportation;
- study of conditions of effective railway rolling stock operation during grain transportation;
- improvement of the simulation model of the process of grain cargoes rail transportation;
- formation of export-oriented network of node-stations to ensure loading of grain route trains;
- evaluation of the efficiency of railway rolling stock operation in the organization grain route trains movement.

The scientific results obtained in the thesis, as well as the developed methods,



can be used to improve and evaluate the system of organization of wagon flows for the transportation of grain cargo by rail to ports for export, planning the distribution of grain cars for loading and traction rolling stock for grain trains. The results of this work were used to improve the technology of rail transportation of grain cargo to the seaports of the Odessa region and in the educational process in the preparation of masters in the Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan by educational program 275.02 “Transport technologies in railway transport”.

The main text of the dissertation consists of four sections.

The first section contains a comprehensive analysis of the problem of improving the efficiency of rail transportation of grain cargo to seaports for export. The grain business is the basis and source of the continuous development of the agro-industrial complex and the basis of the agricultural export of Ukraine. Now Ukraine is confidently taking a leading position among world grain producers and exporters.

More than 95% of Ukrainian grain export is carried out through seaports; more than 60% of grain cargoes are delivered to ports by rail. The analysis shows that the existing system of rail transportation of grain goods for export often shows its inefficiency. Among the main problems are the considerable dispersion and low loading capacity of the stations, the deterioration of wagons and the imperfect system of handling them, the shortage of locomotive traction, and the organization of transportation mainly by wagon consignments. Thus, increasing the efficiency of transporting grain cargo in the railway-water connection is one of the key tasks to reduce logistics and energy costs in organizing the export of Ukrainian grain. One of the ways to increase the competitiveness of domestic grain on world markets is to build an effective system for operating rolling stock of railway transport in organizing export transportation.

An analysis of scientific sources and railway experience in other countries shows that the most promising direction for improving the system of transportation of bulk goods, in particular grain, is the routing of wagon flows. Routing can reduce the time of delivery of goods, improve the performance of rolling stock and, accordingly, reduce the cost of transportation.

The second section analyzes the existing system for ensuring the export of



Ukrainian grain and explores the parameters of wagon flows with grain in the direction of seaports.

The system for exporting grain includes a grain storage system, transshipment facilities at sea ports and a grain transportation system.

Now the grain storage system, which ensures its export, is represented by about 1,200 elevators with a total capacity of 48 million tons and is now actively developing. About 30 terminals carry out grain transshipment at 13 ports, with a total capacity of 66 million tons. The analysis showed that the existing elevator and port infrastructure, as well as its development dynamics, give reason to positively assess the opportunities for mastering promising volumes of Ukrainian grain export.

Grain is transported from linear elevators to ports by rail (up to 70% of the volume), road (about 30%) and river (up to 3%) transport. Automobile transport, providing the flexibility of logistics and ease of transportation for customers, especially for small parties over short distances, has the highest tariffs. In addition, overloaded grain trucks destroy the road surface and pollute the air with fuel combustion products. River transport has the lowest cost, however, the undeveloped port infrastructure and the shortage of vessels do not currently allow the full use of the potential of river transport for the transportation of Ukrainian grain.

One of the key problems of the existing system of rail transportation of grain cargo is the significant deterioration of the cars fleet, as well as an inefficient system of their operation. So, since 2016, the grain-cars fleet has increased by 40%, but wagons turnover has increased by 30%. Moreover, in the structure of the grain carrier's turnover, the actual movement operation is only 20%, and about 42% is wagons demurrage at technical stations. One of the reasons for this situation is the significant dispersion of grain loading stations. The results of statistical processing of ASKVP-UZE data about the movement of wagons with grain showed that out of 572 stations, half of them load an average of less than 1 wagon per day, and a third of the stations load less than 30 days per year. One way to solve this problem is to concentrate loading grain at the nodal stations.

Grain transportation is characterized by significant seasonal and monthly une-



venness. Seasonal unevenness ranges from 1.3 to 1.4, and daily uneven of grain loading ranges from 1.15 (in November) to 1.94 (in June).

In the third section, for the first time, a set of dependencies is obtained that determine the efficiency of using road or rail transport for the transportation of grain goods depending on the distance, type of rolling stock ownership and the operating system of the rolling stock.

The dissertation found that rail transport is more competitive than road transport at distances of more than 200 km when transported in Ukrzaliznytsia wagons and at distances of more than 500 km in new own wagons.

It was determined that the minimum additional costs that are associated with the accumulation of cargo for the route train are achieved with a period of 4 ... 6 days and a distance of road transport up to 30 km. In addition, it was found that with the existing infrastructure for the accumulation and formation of the route train, the sender can reduce transportation costs by 30 UAH for each ton of grain, in comparison with carload shipments, and if there is also a fleet of own wagons – by 50...60 UAH / t. In the absence of the necessary infrastructure or fleet of wagons, routing under the existing tariff policy for the sender will be economically inexpedient.

Given the stochastic nature of the railways work, it is advisable to use simulation modeling to evaluate the effectiveness of various options for the technology of rail transportation of grain cargo to sea ports. For this purpose, in the dissertation, the simulation model of freight transportation in the railway direction was improved by taking into account the possibility of organizing the movement of shipping routes from hub loading stations, in particular according to a schedule. This model allows you to study the effectiveness of different technologies for organizing wagon flows with grain. The simulation model of the grain delivery process is developed on the basis of an object-oriented approach and implemented as a software package.

In the fourth section, for the first time, a methodology has been developed for choosing nodal stations and concentration areas of grain loading for the formation of route trains, which is based on the use of cluster analysis apparatus, set theory and multicriteria optimization. This methodology allows to take into account both the set of in-



frastructural and technological parameters of the transport network and operational and economic criteria of effectiveness.

On the basis of the developed methodology using the agglomerative algorithm of cluster analysis, which is based on the strategy of combining Ward and the “Canberra” measure of objects differences, 43 stations of possible concentration of grain loading were allocated from a set of 572 stations.

The task of forming loading concentration areas around the node stations is formalized as a multi-criteria optimization problem with Boolean variables. In the final decision, 70 stations were included in 24 districts of grain loading concentration, which, with minimal additional costs, provides the maximum total volume of grain loading by route trains of about 7.5 million tons per year.

Studies carried out using the developed simulation model showed that the use of sender routing reduces the wagon turnover when transporting grain to the port by 27%, and the use of technology for the movement of route trains by schedule allows to reduce the wagon turnover by 50% and increase its productivity up to 2 times, by compared to carloads.

*Keywords:* grain export, rail transportation, wagon operation, routing, loading concentration, simulation, wagon turnover.



## ВСТУП

*Актуальність теми.* Розвиток економіки України в умовах глибоких євроінтеграційних процесів і глобалізації світової економіки суттєвим чином залежить від можливостей її підприємств створювати конкурентоспроможні продукти на світовому ринку. Одним зі стратегічних продуктів, які пропонує сьогодні Україна, є зерно. Зернова галузь є базою та джерелом сталого розвитку агропромислового комплексу й основою аграрного експорту України. Наразі Україна впевнено займає лідируючі позиції серед світових виробників і експортерів зерна. Так, в сезоні 2018/2019 при виробництві 70,1 млн. т. було експортовано 49 млн. т. зерна, що у грошовому еквіваленті склало близько 17% від загального обсягу українського експорту. Одним з шляхів підвищення конкурентоспроможності вітчизняного зерна на світових ринках є побудова ефективної системи організації експортних перевезень. Для України це завдання є особливо важливим так, як частка транспортних витрат у вартості вітчизняного зерна наразі становить 35%, у той час як у США та у країнах ЄС – 10...15%.

Більше 95% експорту українського зерна здійснюється через морські порти; при цьому майже 70% зернових вантажів у порти доставляється залізничним транспортом в основному з використанням електричної тяги, що на відміну від автоперевезень не потребує значних витрат нафтопродуктів, 80% обсягів яких Україною імпортуються. Разом з тим існуюча система залізничних перевезень зернових вантажів на експорт часто демонструє свою неефективність. Серед основних причин – як дефіцит справних вагонів-зерновозів, так і низька ефективність їх експлуатації – з 2012 р. обіг вагонів-зерновозів виріс на 84%, а їх продуктивність знизилась на 34%. Таким чином, удосконалення системи експлуатації рухомого складу залізниць при організації перевезень зернових вантажів на експорт є одним із ключових завдань для зниження транспортної складової та забезпечення конкурентності українського зерна на зовнішніх ринках. При цьому запропоновані техніко-технологічні рішення зазначеної проблеми повинні мати чітке наукове обґрунтування. У цьому зв'язку тема дисертаційної роботи, яка спрямована на підвищення ефективності експортних перевезень зернових вантажів за рахунок удосконалення системи експлуатації рухомого складу залізничного транспорту, є актуальною.



*Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами.* Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, які визначені у «Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 №430-р), «Стратегічного плану розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року» (наказ Міністерства інфраструктури України від 21 грудня 2015 №547), «Експортній стратегії України на 2017-2021 р.р.» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.12.2017 №1017-р), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Удосконалення технології роботи сортувальних комплексів станцій в умовах нерівномірності вхідного потоку поїздів» (№ державної реєстрації ДР 0116U003748), «Удосконалення методики оперативного планування роботи парку вантажних локомотивів на основі багатокритеріальної задачі про призначення (№ державної реєстрації ДР 0117U002064), «Удосконалення залізничних перевезень аграрної продукції на експорт» (№ державної реєстрації ДР 0117U006814).

*Метою дослідження є* підвищення ефективності експлуатації рухомого складу при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом у морські порти за рахунок формування експортно-орієнтованої мережі вузлових станцій навантаження зернових маршрутних поїздів. Поставлена мета досягається за рахунок вирішення наступних завдань дослідження:

- аналіз сучасних напрямків підвищення ефективності системи експлуатації рухомого складу при перевезенні зернових вантажів;
- дослідження існуючої системи забезпечення експортних перевезень зернових вантажів в Україні та показників експлуатації рухомого складу залізничного транспорту при перевезенні зерна;
- дослідження умов ефективної експлуатації рухомого складу залізниць при перевезенні зерна;
- удосконалення імітаційної моделі процесу перевезення зернових вантажів залізничним транспортом;



- формування експортно-орієнтованої мережі вузлових залізничних станцій для забезпечення навантаження зернових маршрутних поїздів;
- оцінка ефективності експлуатації рухомого складу залізниць при організації руху зернових маршрутних поїздів.

*Об'єктом дослідження* є процес експлуатації рухомого складу при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом у морські порти на експорт.

*Предметом дослідження* є взаємозв'язки між системою організації залізничних перевезень зерна у напрямку морських портів та показниками ефективності експлуатації рухомого складу.

*Методи дослідження.* Постановка завдань дослідження, вибір методів їх розв'язання та аналіз результатів виконані з використанням методів системного аналізу. Вирішення окремих задач дослідження виконане з використанням наступних методів: реляційна алгебра, RS-аналіз та математична статистика для дослідження параметрів вагонопотоків з зерновими вантажами; економіко-математичне моделювання та регресійний аналіз для визначення витрат на перевезення зерна залізничним та автомобільним транспортом; кластерний аналіз, теорія множин та методи багатокритеріальної оптимізації для визначення вузлових станцій та районів концентрації навантаження зерна для формування зернових маршрутних поїздів; імітаційне моделювання та теорія організації експлуатаційної роботи залізниць для дослідження ефективності маршрутизації перевезень з зерновими вантажами.

*Наукова новизна отриманих результатів* полягає у розв'язанні актуального наукового завдання підвищення ефективності залізничних перевезень зернових вантажів у морські порти на експорт за рахунок удосконалення системи експлуатації рухомого складу. Зокрема у дисертації отримано наступні наукові результати:

- вперше розроблено метод вибору вузлових станцій та районів концентрації навантаження зерна для формування відправницьких маршрутів, що базується на використанні апарату кластерного аналізу, теорії множин та



багатокритеріальної оптимізації і дозволяє врахувати як множину інфраструктурно-технологічних параметрів транспортної мережі, так і експлуатаційно-економічні критерії ефективності перевізного процесу;

– вперше отримано комплекс залежностей експлуатаційних витрат від відстані перевезень зернових вантажів, що дозволяє визначати ефективність використання залізничного транспорту залежно від форми власності та системи експлуатації рухомого складу;

– удосконалено імітаційну модель вантажних перевезень на залізничному напрямку за рахунок врахування можливості організації перевізного процесу відправницькими маршрутами з вузлових станцій навантаження, зокрема, за розкладом, що дозволяє досліджувати ефективність різних технологій залізничних перевезень зерна;

– отримали подальший розвиток методи оцінки ефективності експлуатації маршрутних поїздів, зокрема при використанні рухомого складу різних форм власності та організації руху вантажних поїздів за розкладом.

*Практичне значення отриманих результатів.* Наукові результати, які отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені методи можуть бути використані для удосконалення та оцінки системи організації вагонопотоків при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом у морські порти на експорт, планування розподілу вагонів-зерновозів під навантаження зерна та тягового рухомого складу під зернові поїзди. Результати роботи використані: для удосконалення технології залізничних перевезень зернових вантажів у морські порти Одеського регіону; у навчальному процесі при підготовці магістрів у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за освітньою програмою 275.02 «Транспортні технології на залізничному транспорті»; під час виконання магістерських робіт та в курсах дисциплін «Іноваційні технології у вантажній та комерційній роботі» і «Експлуатаційна робота залізниць в умовах демонополізації галузі». Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатках до дисертації.



*Особистий внесок здобувача.* Усі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені у роботі, отримані автором самостійно. Стаття [68] опублікована без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: у статті [69] проаналізовано елеваторні потужності лінійних елеваторів України та окреслені основні проблеми системи доставки зерна на експорт при організації залізничних перевезень; у статті [97] виконано дослідження параметрів вагонопотоків з зерновими вантажами та отримано значення елементів обігу зерновозів; у статті [98] виконано розрахунки плати за перевезення зерна у вагонах-зерновозах в залежності від відстані та форми власності вагонів; в статті [110] розраховані додаткові витрати при організації маршрутних перевезень зернових вантажів та визначено можливі залізничні станції концентрації навантаження зерна; у статті [118] розроблено методику вибору вузлових станцій та районів концентрації навантаження зернових маршрутів; в статті [128] автором проаналізовано обсяги виробництва та експорту українського зерна, а також динаміку зміни парку вагонів-зерновозів; у статті [129] виконано порівняльний аналіз витрат на перевезення зернових вантажів автомобільним та залізничним транспортом в залежності від відстані та системи організації залізничних перевезень; у статті [140] виконано серію імітаційних експериментів з моделлю сортувальної станції для визначення впливу параметрів поїздопотоків та системи їх обслуговування на експлуатаційні показники роботи станції; у статті [141] виконано серію експериментів з імітаційною моделлю залізничного напрямку для оцінки ефективності різних варіантів організації вагонопотоків з зерном; у статті [145] удосконалено імітаційну модель напрямку для оцінки технології залізничних перевезень зерна маршрутами, зокрема, за розкладом та виконано серію експериментів з моделлю для оцінки ефективності маршрутизації.

*Апробація результатів дисертації.* Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 3-й, 4-й, 6-й та 8-й міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Дніпро, ДНУЗТ, 2014, 2015, 2017, 2019), 74-й, 75-й, 78-й та 79-й між-



жнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, ДНУЗТ, 2014, 2015, 2018, 2019, ), науково-практичній конференції «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій» (Дніпро, ДНУЗТ, 2014), 77-й міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, УкрДУЗТ, 2015), міжнародній науково-практичній конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку» (Дніпро, ДДАЕУ, 2015), 1-й, 2-й міжнародних науково-практичних конференціях «Енергооптимальні технології перевізного процесу» (Моршин, Львів, ДНУЗТ, 2016, 2017), 12-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті – ЕКУЗТ 2017» (Харків, 2017), I-й міжнародній науково-практичній конференції «Енергооптимальні технології, логістика та безпека на транспорті» (Львів, ДНУЗТ, 2018).

*Публікації.* За результатами дисертації опубліковано 29 наукових праць, з них 1 наукова стаття у закордонному виданні, що входить до наукометричної бази Scopus, 1 наукова стаття опублікована в іноземному фаховому виданні, 6 наукових статей у фахових виданнях, які входять до переліку Міністерства освіти і науки України та включені до міжнародних наукометричних баз, 3 статті в інших виданнях, та 18 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях.

*Структура і обсяг роботи.* Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 198 сторінок, з яких основного тексту 133 сторінки, у основному тексті роботи міститься 42 рисунки та 26 таблиць; анотація, перелік умовних позначень, зміст – на 19 сторінках, список використаних джерел складається з 169 найменувань на 18 сторінках; 8 додатків на 28 сторінках.