

Український державний університет залізничного транспорту
Міністерства освіти і науки України

Український державний університет залізничного транспорту
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЛОМОТЬКО МИКОЛА ДЕНИСОВИЧ

УДК 656.223

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ В УМОВАХ КОНКУРЕТНОГО СЕРЕДОВИЩА

275 – транспортні технології

27 – транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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



М.Д. Ломотько

Науковий керівник

ОГАР Олександр Миколайович,
доктор технічних наук, професор

Харків – 2023

АНОТАЦІЯ

Ломотько М.Д. Удосконалення технології доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 – «Транспортні технології (на залізничному транспорті)». – Український державний університет залізничного транспорту, МОН України, Харків, 2023.

Дисертацію присвячено вирішенню наукового завдання удосконалення технології доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища шляхом врахування наявності компаній-перевізників та визначення раціональних параметрів ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики. Це сприятиме підвищенню якості послуг з перевезення вантажів на залізничному транспорті за рахунок формування для вантажовідправників конкурентних пропозицій з транспортування на основі недискримінаційного доступу до інфраструктури, сучасної обґрунтованої тарифної політики, застосування ефективних рішень з автоматизації технологічних процесів та екологічного підходу до технології перевезень на основі «зеленої» логістики.

У *вступі* доведено актуальність обраної теми, наведено загальну характеристику роботи, особистий внесок здобувача та апробацію результатів дослідження, показано зв'язок роботи з науковими темами та програмами, сформувано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, викладено методи досліджень та положення наукової новизни, обґрунтовано практичне значення отриманих результатів.

У *першому* розділі дисертаційної роботи проведено аналіз статистичних даних обсягів та середньої відстані перевезення вантажів залізничним транспортом України за останній період. На основі аналізу статистичних даних виявляється поточний стан справ в акціонерному товаристві (АТ) «Укрзалізниця». Проведено стислий аналіз основних напрямків наукових досліджень у сфері експлуатації залізниць, з описом суміжних до теми дисертації напрямків наукової діяльності із зазначенням їх авторів.

Проведено аналіз досліджень в області удосконалення технології залізничних перевезень на основі логістичних принципів з зазначенням технологічної системи, основної функції системи та напрямком реструктуризації. Відзначається, що впровадження логістичних принципів до технології перевезень потребує врахування інтересів усіх учасників перевезення та формування сучасних інформаційно-керуючих систем та систем підтримки прийняття рішень (СППР). В основу досліджень покладено системний підхід як один із основних наукових методів в області управління залізничними станціями та перевезеннями вантажів. В якості прикладів формування конкурентного середовища на ринку залізничних вантажних перевезень розглянуто особливості реформування структури управління на Французькій, Німецькій та Польській залізницях. Розглядаються особливості функціонування зазначених залізничних компаній як систем доставки, аналізується їх досвід, переваги та недоліки структури управління. Як світовий тренд виявлено, що конкурентне середовище на транспортному ринку формується наявністю компаній-перевізників. Наводиться стан, тенденції та перспективи застосування «зеленої» логістики у світі. Визначено основні вимоги українських вантажовласників до їх транспортного обслуговування у процесі перевезень вантажів, основними стримуючими факторами щодо забезпечення конкурентних переваг та якості надання залізничних послуг. На основі світового досвіду ефективної взаємодії держави із залізничними компаніями-перевізниками описано важливість положень директив 91/440/ЄЕС та 95/19/ЄС, оскільки вони є основними документами для допущення на ринок перевезень компаній-перевізників та впровадження конкуренції в залізничну галузь. Проаналізовано низку робіт вітчизняних фахівців в сфері залізничної галузі, які спрямовано на всебічний розвиток наукових основ функціонування залізничного та інших видів транспорту та відображають важливість безперервної роботи залізничної галузі, особливо під час воєнного стану. У роботах, зокрема, розглянуто проблемні технологічні питання залізниць, що виникають у процесі впливу монопольного становища в залізничній галузі України на конкурентне середовище. Проводиться аналіз досліджень в області формування «зелених» логістичних технологій на транспорті, де зазначається загальна екологічна ситуація на

залізничному транспорті, національна транспортна стратегія України та зарубіжний досвід з розвитку «зеленої» логістики. Аналізуються статистичні дані по «зеленій» логістиці, розподіл викидів у атмосферу України забруднюючих речовин та праці фахівців, які мають схожі напрямки досліджень.

У *другому* розділі на основі закордонного досвіду запропоновано удосконалити систему доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища. Описано технічний склад інфраструктури з наведенням оцінки капіталовкладень у будівництво, та надається перелік рухомого складу залізничних компаній-перевізників. В роботі надається удосконалена технологія доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками, що повинна здійснюватися на основі розрахованих раціональних добових планів перевезень з урахуванням замовленої вантажовідправником швидкості доставки. Запропоновано організаційну структуру управління залізничної компанії-перевізника для кожної філії уявного полігону. Формалізовано логістичну систему доставки вантажів залізничною компанією-перевізником із функціональним описом вказаної системи, який базується на множині факторів, що впливають на величину витрат компанії-перевізника. До основних факторів віднесено вартість перевезення вантажів, маршрути їх доставки, кількість зупинок і тривалість простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника. Розроблено технологічні графіки формування, розформування та обслуговування поїздів на станції філії компанії-перевізника, причому враховано можливість за бажанням вантажовласника обрати швидкість доставки вантажу від станції відправлення до станції призначення, впливаючи таким чином на вартість доставки вантажу. На основі системного підходу сформовано наукові підходи до формування системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником шляхом урахування оцінки значення екологічного критерію та обмежень на кількість зупинок поїздів та тривалість їх простою на залізничних станціях філій компанії-перевізника. Зазначається стан системи у момент часу та надаються обмеження на керований, квазікерований та некерований впливи системи.

Розроблено багатокритеріальну динамічну модель розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного

середовища. Реалізація цієї моделі дозволить мінімізувати витрати компанії-перевізника наростаючим підсумком за розрахунковий період, а також підвищити гнучкість формування вартості доставки вантажів. Зменшення цієї вартості для окремих вантажовідправників сприятиме збільшенню клієнтів компанії-перевізника, що в свою чергу покращить конкурентне середовище на ринку вантажних залізничних перевезень. Модель передбачає розрахунок на кожен день розрахункового періоду раціональних маршрутів доставки вантажів, кількостей зупинок для причеплення груп вагонів і тривалості простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника. Це дозволить сформувати ефективну автоматизовану технологію функціонування компанії-перевізника, що забезпечить передумови подальшого її розвитку.

У *третьому* розділі здійснено формування ланцюга постачання вантажів на основі екологічного критерію із застосуванням «зеленої» логістики за участю залізниць на прикладі мультимодальних перевезень із наведенням структурно-логічної схеми здійснення унімодальних та мультимодальних перевезень контейнерних вантажів. Надано порівняння технологічних та екологічних показників існуючих напрямків курсування контейнерних поїздів «Вікінг», «ZUBR», Країни ЄС – Китай, «Хрещатик», Одеса – Харків із метою застосування аналогічних технологій на дослідному полігоні в умовах застосування елементів «зеленої» логістики. Особлива увага приділяється оцінці шкідливих викидів у повітря при перевезенні TEU (twenty-foot equivalent unit) різними видами транспорту. Запропоновано оцінку значення екологічного критерію при унімодальному та мультимодальному перевезенні, що розраховується як вартісна величина шкоди від негативного впливу двоокису вуглецю на атмосферне повітря. Сформовано нечіткий екологічний критерій при перевезенні вантажів різними видами транспорту у вигляді векторної функції приналежності лінгвістичних змінних при наявності маршрутизації перевезень та обмежень на кількість зупинок поїздів, тривалість їх простою на залізничних станціях філій компанії-перевізника. Його подальше використання покладено в основу системи підтримки прийняття рішень вибору параметрів та складових мультимодального логістичного ланцюга шляхом оцінки впливу

екологічності кожної ланки з використанням лінгвістичних змінних та отримання на їх базі нечітких висновків.

Сформовано модель ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики з урахуванням нечіткого екологічного критерію та з наведенням для прикладу схеми полігону формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах. За наведеним полігоном доопрацьована економіко-математична модель двоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування, де цільова функція відповідає пошуку найбільш економічного плану перевезень контейнерів з урахуванням нечіткого екологічного критерію. З метою забезпечення прийняття зважених рішень у сфері екологічної стратегії слід підвищити якість оцінки та контролю рівня забруднення атмосфери за рахунок використання методології ForFITS (For Future Inland Transport Systems), яка базується на моделі оцінки поточної та майбутньої активності транспорту. Наведено структуру операційної діяльності компанії-перевізника та фактори, що впливають на екологічну ефективність.

В *четвертому* розділі наведено реалізацію та оцінку показників удосконаленої технології доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками на базі системи підтримки прийняття рішень диспетчера-логіста компанії-перевізника (СППР-ДЛ). Дане програмне забезпечення розраховує вартість перевезення для кожного вантажовідправника, ймовірний час прибуття поїзда на станцію призначення, маршрут та відстань, яку подолає поїзд на умовному полігоні. Таким чином формується оптимальний план добової роботи залізничної компанії-перевізника. Запропоновано схему автоматизації управління процесом функціонування залізничної компанії-перевізника в умовах інформаційної взаємодії із АСК ВП УЗ-Є (Єдина автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці). З метою визначення ефективності технології доставки вантажів компаніями-перевізниками в умовах конкуренції проведено порівняння технологічних показників на підставі результатів моделювання на дослідному умовному полігоні. Встановлено, що для поїзду, що прямує за певним маршрутом та з однаковою кількістю вагонів, вартість вагоно-кілометра пробігу вагону суттєво відрізняється при виконанні перевезення АТ Укрзалізниці та компанією-

перевізником. Цю різницю обумовлено наявністю у складі АТ Укрзалізниця великої кількості недіючого рухомого складу, малодіяльної інфраструктури та великого штату працівників. Доведено можливість отримання скорочення експлуатаційних витрат компанії-перевізника на рівні 9...38% в залежності від маршруту прямування та швидкості доставки вантажу. Підтверджено невідповідність умовам конкурентного транспортного ринку стягнення АТ Укрзалізниця плати за користування вагонами у діючому обсязі на відстані перевезення понад 400 км. На підставі розрахунків та моделювання технолого-економічних показників варіантів доставки вантажів компанією-перевізником визначено загальну вартість оптимального плану перевезень компанією-перевізником та побудовано поверхню відгуку. Показано, що із реальних варіантів доставки вантажу зі станції відправлення до станції призначення раціональним буде такий, який має загальну тривалість простою поїздів на станціях філій не більш, ніж 45 хв., з однією зупинкою на шляху прямування. При цьому кількість груп вагонів від різних вантажовідправників в одному маршруті поїзда складає не більш шести. З урахуванням значень нечіткого екологічного критерію зроблено кількісну та вартісну оцінку шкідливих викидів CO₂ у довкілля за існуючими маршрутами перевезень. Результатом розрахунків моделі ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики стала двоетапна транспортна задача цілочисельного програмування із нечіткими критеріями перевезення вантажів на дослідному полігоні.

Оцінка якості та перевірка на адекватність результатів моделювання зроблено за допомогою критерію Дарбина-Уотсона. Встановлено також, що параметри моделі статистично значущі. Значення помилки апроксимації 6,46% отримано шляхом порівняння натурних даних та результатів моделювання, що свідчить про задовільну якість знайденої моделі. Перевірка із використанням зазначених методів довела адекватність та точність запропонованих моделей. За рахунок впровадження запропонованої автоматизованої технології перевезень у вигляді СППР-ДЛ прогнозується покращення екологічних показників на величину до 15%, збільшення обсягів перевезення вантажів на 2...5% від існуючих обсягів, а також очікується

скорочення експлуатаційних витрат на формування відправки вантажів на рівні 3...11%.

У загальних висновках підсумовано виконання завдань досліджень і констатовано досягнення мети, а у додатках наведено додаткові матеріали.

Ключові слова: залізничний транспорт, компанія-перевізник, «зелена» логістика, методологія, інтермодальні перевезення, нечітка логіка, оператор залізничної інфраструктури, логістика розподілу, графік руху поїздів, моделювання руху поїздів, доставка вантажів.

ABSTRACT

Lomotko M.D. Improving the technology of cargo delivery by rail in a competitive environment. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 275 – Transport technologies (by rail transport). – Ukrainian State University of Railway Transport of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2023.

The dissertation is dedicated to addressing the scientific task of improving freight delivery technology by rail transport in a competitive environment by considering the presence of carrier companies and determining rational parameters of the supply chain based on "green" logistics. This will contribute to enhancing the quality of freight transportation services by rail by forming competitive transportation proposals for shippers through non-discriminatory access to infrastructure, modern justified tariff policies, application of effective solutions for automation of technological processes, and an ecological approach to transportation based on "green" logistics.

In the introduction establishes the relevance of the chosen topic and provides a general overview of the work, the personal contribution of the researcher, and the validation of research results. It also demonstrates the connection of the work with scientific themes and programs, formulates the purpose, tasks, object and subject of the research, outlines research methods and scientific novelty, and substantiates the practical significance of the obtained results.

In the first chapter of the dissertation, an analysis of statistical data on the volumes and average distances of freight transportation by rail in Ukraine over the recent period is conducted. Based on the analysis of statistical data, the current state of affairs in the joint-stock company "Ukrzaliznytsia" is revealed. A brief analysis of the main directions of scientific research in the field of railway operation is presented, along with a description of the areas of scientific activity related to the topic of the dissertation, indicating their authors.

The research has included an analysis in the field of improving railway transportation technology based on logistic principles, specifying the technological system, the primary function of the system, and the direction of restructuring. It is noted that the implementation of logistic principles into transportation technology requires consideration of the interests of all transportation participants and the establishment of modern information management systems and decision support systems (DSS). The foundation of the research is based on a systematic approach as one of the primary scientific methods in the management of railway stations and freight transportation. The study examines the specifics of reformation management structures in the French, German, and Polish railways as examples of creating a competitive environment in the market for railway freight transportation. It also explores the functioning specifics of these railway companies as delivery systems, analyzing their experiences, as well as the advantages and disadvantages of their management structures. As a global trend, it has been identified that the competitive environment in the transportation market is shaped by the presence of carrier companies. The current state, trends, and prospects of applying "green" logistics worldwide are outlined. The primary requirements of Ukrainian cargo owners for their transportation services during freight transportation are defined, along with the main constraining factors in ensuring competitive advantages and the quality of railway services. Drawing on global experience, the effective interaction of the state with railway carrier companies underscores the importance of Directives 91/440/EEC and 95/19/EEC as fundamental documents for admitting carrier companies to the transportation market and introducing competition into the railway sector. Moreover, a series of works by domestic experts in the railway industry aimed at the comprehensive development of the scientific foundations for the operation of railways and other modes of transportation are analyzed, reflecting the importance of uninterrupted

railway operation, particularly during wartime. In their works, they particularly address the problematic technological issues of the Ukrainian railways that arise from the influence of the monopolistic state of the railway sector in Ukraine on the competitive environment. They analyze studies on the formation of "green" logistics technologies in transportation, noting the overall ecological situation in rail transport, Ukraine's national transport strategy, and foreign experience in developing "green" logistics. They also analyze statistical data on "green" logistics, the distribution of emissions into the atmosphere of Ukraine's polluting substances, and the work of professionals with similar research directions.

In the second chapter, based on foreign experience, it is suggested to improve the freight delivery system by rail in a competitive environment. The technical composition of the infrastructure is described, including an assessment of capital investment in construction, and a list of rolling stock of railway carriers is provided. The paper presents an improved technology for freight delivery by railway carriers, which should be based on calculated rational daily transport plans, taking into account the speed of delivery ordered by the shipper. The organizational structure of the management of the railway carrier company for each branch of the imaginary training ground is proposed. The logistics system for freight delivery by the railway carrier is formalized, with a functional description of the system based on a set of factors influencing the company's expenses. The main factors include the cost of transporting goods, delivery routes, the number of stops, and the duration of train idle time at the railway stations of the carrier company's branches. Technological schedules for train formation, disbandment, and servicing at the station of the carrier company's branch have been developed, taking into account the shipper's option to choose the delivery speed from the departure station to the destination station, thereby influencing the cost of freight delivery. Scientific approaches to forming a freight delivery system by the railway carrier have been developed based on a systemic approach, considering the assessment of the ecological criterion's significance and constraints on the number of train stops and their idle duration at the railway stations of the carrier company's branches. The system's current state is noted at a given time, and limitations on controlled, quasi-controlled, and uncontrolled system influences are provided.

A multi-criteria dynamic model has been developed to calculate the rational technological parameters of the freight delivery system in a competitive environment. Implementing this model will minimize the carrier company's expenses cumulatively over the calculation period and increase the flexibility of determining the cost of freight delivery. Reducing this cost for individual shippers will contribute to increasing the carrier company's client base, thereby improving the competitive environment in the railway freight transport market. The model involves calculating rational delivery routes, the number of stops for coupling wagon groups, and the idle duration of trains at the railway stations of the carrier company's branches for each day of the calculation period. This will enable the development of an efficient automated technology for the carrier company, laying the groundwork for its further development.

In the third section, a supply chain has been developed based on ecological criteria using "green" logistics involving railways, illustrated through multimodal transportation, and presenting a structural-logical scheme for unimodal and multimodal transportation of containerized goods. A comparison of the technological and ecological indicators of existing routes for the circulation of container trains such as "Viking," "ZUBR," EU countries - China, "Khreshchatyk," Odessa - Kharkiv has been provided to apply similar technologies at a test site under the conditions of implementing elements of "green" logistics. Special attention is given to evaluating harmful air emissions during the transportation of TEUs (twenty-foot equivalent units) by different modes of transport. An assessment of the ecological criterion's significance in unimodal and multimodal transportation is proposed, calculated as the cost of the damage from the negative impact of carbon dioxide on the atmospheric air. A fuzzy ecological criterion has been formulated for the transportation of goods by various modes of transport in the form of a vector function of membership linguistic variables, considering the presence of transportation routing and limitations on the number of train stops and the duration of their idle time at the railway stations of the carrier company's branches. Its further utilization forms the basis of a decision support system for selecting parameters and components of the multimodal logistics chain by assessing the ecological impact of each link using linguistic variables and deriving fuzzy conclusions based on them.

A supply chain model for goods in containers has been Formed based on "green" logistics, considering a fuzzy ecological criterion and providing an example of a supply chain formation scheme for containerized goods. The economic-mathematical model of a two-stage integer programming transportation problem has been refined based on the provided proving ground. The objective function seeks the most economical plan for transporting containers, considering the fuzzy ecological criterion. To ensure informed decisions in the ecological strategy domain, it is essential to enhance the quality of assessment and atmospheric pollution control through the application of the ForFITS (For Future Inland Transport Systems) methodology, based on the assessment model of current and future transport activities. The operational structure of the carrier company and factors influencing ecological efficiency are detailed.

In the fourth section, the implementation and evaluation of the improved freight delivery technology by railway carriers based on the decision support system of the carrier company's dispatcher-logisticians (DSS-DL) are presented. This software calculates the transportation cost for each shipper, the estimated arrival time of the train at the destination station, the route, and the distance the train will cover on an imaginary polygon, thereby forming the optimal daily plan for the railway carrier's operations. A scheme for automating the management of the railway carrier's operations process under the conditions of informational interaction with the Unified Automated Control System for Freight Transportation of Ukrainian Railways (ACS FT UZ-U) is proposed. To determine the efficiency of freight delivery technology by carriers in a competitive environment, a comparison of technological indicators based on simulation results on a test conditional polygon has been conducted. It has been determined that for a train traveling along a specific route with the same number of wagons, the cost of wagon-kilometer significantly differs when transportation is conducted by "Ukrzaliznytsia" and a carrier company. This difference is attributed to the presence of a large amount of inactive rolling stock, low-density infrastructure, and a large workforce within "Ukrzaliznytsia". The potential for reducing the operational costs of the carrier company by 9 to 38% has been demonstrated, depending on the route and delivery speed. The inadequacy of "Ukrzaliznytsia" foreclosure fees for wagon usage within the current scope over distances exceeding 400 km on the

conditions of the competitive transport market has been confirmed. Based on calculations and modeling of techno-economic indicators for the delivery options by the carrier company, the overall cost of the optimal transportation plan has been determined, and a response surface has been constructed. It has been shown that among the realistic delivery options from the departure station to the destination station, the rational one is characterized by a total idle time at the branch stations not exceeding 45 minutes, with one stop along the route. In this context, the number of wagon groups from various freight forwarders on a single route does not exceed six. Taking into account the value of the fuzzy environmental criterion, a quantitative and cost assessment of harmful CO₂ emissions into the environment has been made for existing transport routes. The result of the supply chain model calculations for containerized cargo based on "green" logistics has led to a two-stage transportation problem involving integer programming with fuzzy transport criteria at a research proving ground.

The quality assessment and validation of the modeling results were performed using the Durbin-Watson criterion. It was also established that the model parameters are statistically significant. An approximation error value of 6.46% was obtained by comparing actual data with modeling results, indicating satisfactory model quality. The verification using these methods confirmed the adequacy and accuracy of the proposed models. The implementation of the proposed automated transport technology in the form of a DSS-DL is forecasted to improve environmental indicators by up to 15%, increase cargo transportation volume by 2 to 5% from existing levels, and is expected to reduce operating costs on the formation of shipment of goods at the level 3 to 11%.

In the overall conclusions, the completion of research tasks and the achievement of the target are summarized, and additional materials are provided in the appendices.

Keywords: railway transport, carrier company, green logistics, methodology, intermodal transportation, fuzzy logic, railway infrastructure operator, distribution logistics, train movement schedule, train movement modeling, cargo delivery.

Список публікацій здобувача

Основні наукові праці:

Публікації у науковому фаховому виданні України категорії “Б”, що включене до міжнародних наукометричних баз:

1. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. Перспективи «зеленої» логістики при використанні контейнерних та контрейлерних перевезень України. *Залізничний транспорт України*. 2021. №1. С. 11-21. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-138-1-11-22.

2. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Екологічні аспекти застосування «зеленої» логістики при мультимодальних вантажних перевезеннях. *Залізничний транспорт України*. 2021. №2. С. 49-62. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62.

3. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. «Зелена» логістика, як основа покращення екологічних показників вантажних мультимодальних перевезень. *Залізничний транспорт України*. 2021. №3. С. 16-28. DOI: 10/34029/2311-4061-2021-140-3-16-28.

4. Ломотько М.Д. Дослідження показників, пов'язаних з часом знаходження транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2022. № 2. С. 11-22. DOI: <https://doi.org/10.18664/iksz.v27i2.259708>

5. Ломотько М.Д. Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 1. С. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.18664/iksz.v28i1.276347>

6. Ломотько Д.В., Огар О.М., Ломотько М.Д., Афанасова О.Ф. Моделювання залізнично-автомобільного ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики. *Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту*. Харків, 2023. Вип. 205. С. 98-110. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.205.2023.288832>

7. Огар О.М., Ломотко Д.В., Шелехань Г.І., Ломотко М.Д. Формування системного підходу до організації доставки вантажів залізничною компанією-перевізником регіонального типу. *Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*. Дніпро, 2023. Вип. 26. С. 61-67. DOI: <https://doi.org/10.15802/tsst2023/293354>

Праці апробаційного характеру:

8. Ischuka, O., Lomotko, D., Lomotko, M. Logistics Approach in Energy-Efficient Technology for Shunting Work at the Marshalling Station. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. Proceedings of the 26th International Scientific Conference. Lithuania, Kaunas, 5-7 October, 2022. Kaunas, 2022. P. 431-436. Doi: <https://doi.org/10.5755/e01.2351-7034.2022.P1>. (видання індексується у базі Scopus).

9. Lomotko, D., Ohar, O., Kozodoi, D., Barbashyn, V., Lomotko, M. Efficiency of "Green" Logistics Technologies in Multimodal Transportation of Dangerous Goods. *Smart Technologies in Urban Engineering*. 2022. Vol 536. P. 831-841. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_74 (видання індексується у базі Scopus).

10. Ischuka, O., Lomotko, D., Lomotko, M. Choosing the Optimal Variant for Shunting Operations Using the Logistic Approach at Marshalling Station. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. Proceedings of the 27th International Scientific Conference. Lithuania, Palanga, 4-6 October, 2023. Palanga, 2023. P. 766–771. DOI: <https://doi.org/10.5755/e01.2351-7034.2023.P2> (видання індексується у базі Scopus).

11. Lomotko D., Ohar O., Kozodoi D., Barbashyn V., Lomotko M. Prospects for the use “green” logistics as a safety factor in multimodal transportation of dangerous goods. *AIP Conference Proceedings*. 31 May 2023. Vol 2684, Issue 1: 020008. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120066>

12. Ломотько М.Д. Автоматизація обробки місцевих вагонів на сортувальній станції. *Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку* : наукове видання II Всеукраїнська конференція молодих вчених. Дніпро, 17 грудня 2020 р. С. 346-352.

13. Ломотько М.Д. Огар О.М. Шляхи удосконалення автоматизованої логістичної системи управління залізничними станціями. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами* : збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 17 листопада 2020 р. Харків, 2020. С. 11-12.

14. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. До питання актуальності контрейлерних перевезень в Україні. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., м. Івано-Франківськ, 5-7 квітня 2021 р. Івано-Франківськ, 2021. С. 393-395.

15. Ломотько Д.В., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Перспективні напрямки розвитку транспортних систем залізниць на базі принципів інтеперабельності. *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : матеріали IV міжнар. наук.-прак. конф., м. Київ, 21–23 квітня 2021 р. Київ, 2021 С. 46-48.

16. Mykola Lomotko, Andriy Prokhorchenko, Svetlana Donets. Formation of the passenger orientation system on the platforms of railway stations in Ukraine. *Young researchers in the global world : achievements and challenges* : VII forum for young researchers. Kharkiv, 23 April, 2021. Kharkov, 2021. P. 38-40.

17. Ломотько Д.В., Огар О.М., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Застосування «зеленої» логістики та вимог стандарту ISO 14001 при мультимодальних вантажних перевезеннях. *Управління якістю в освіті та промисловості : досвід, проблеми та перспективи* : тези доповідей V міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 20-21 травня 2021 року. Львів, 2021. С. 149-150.

18. Lomotko D.V., Ogar O.M., Kozodoy D.S., Lomotko M.D. Improving the efficiency of container and trailer transportation in ukraine through the use of “green” logistics. *Інтелектуальні транспортні технології* : 2-а міжнародна науково-технічна конференція, м. Харків, 27-29 квітня 2021 р. Харків, 2021. С. 52-53.

19. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. Перспективи «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях за участю залізниць.

Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика : Сімнадцятої науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 3 - 4 червня 2021 р. Харків, 2021. С. 76-79.

20. Ломотько Д.В., Арсененко Д.В., Ломотько М.Д. Удосконалення логістичного управління технічними засобами транспортування зернових вантажів залізницями. *Аграрна галузь сучасної України : проблеми та перспективи розвитку*: Збірник матеріалів I міжнародної науково-практичної конференції, м. Слов'янськ, 14 травня 2021 р. Слов'янськ, 2021. С. 349 – 352.

21. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Барабашин В.В., Ломотько М.Д. Перспективи застосування «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях небезпечних вантажів. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті* : Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 17-19 листопада 2021. Харків, 2021. С. 48 – 50.

22. Ломотько Д.В., Арсененко Д.В., Ломотько М.Д. Main directions of development of railways systems based on the principles of interoperability. *Sustainable Development : Modern Theories and Best Practices* : Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference, Estonia, Tallinn, 31 March -1 April, 2022. Estonia, Tallinn. 2022. P. 99 – 101.

23. Ломотько Д.В., Ковальов Д.Д., Ломотько М.Д., Напрямки удосконалення технології залізничних контейнерних перевезень у сучасних умовах. *Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems* : Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький, 2022. С. 111-113.

24. Ломотько Д.В., Ковальов Д.Д., Ломотько М.Д. Деякі питання удосконалення транспортної логістики у сучасний період. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи* : збірник наукових праць конференції, м. Дніпро, 23 червня 2022 р. Дніпро, 2022. С. 82-85

25. Огар О.М., Ломотько М.Д. Аналіз систем доставки вантажів компаніями-перевізниками Французької залізниці (SNCF Réseau) *Автомобільний транспорт та*

інфраструктура : Збірник тез доповідей V міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ 21-23 вересня 2022 р. Київ, 2022. С. 19 -22

26. Іщука О., Ломотько Д.В., Ломотько М.Д. Логістичний підхід в енергоефективній технології маневрової роботи на сортувальній станції. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика* : Матеріали 18-ї науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 2-3 червня 2022. Харків, 2022. С. 145-148.

27. Огар О.М., Tomaszewski F., Ломотько М.Д., Аналіз систем доставки вантажів компаніями-перевізниками Польської залізниці. *Інтелектуальні транспортні технології* : Тези доповідей 3-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 22-23 листопада 2022 р. Харків, – 2022. С. 167-168.

28. Ломотько Д.В., Афанасова О.Ф., Ломотько М.Д., Щука О. М. Формування інтелектуальної системи вирішення задачі оптимізації розподілу залізничного тягового рухомого складу. *Інтелектуальні Транспортні Системи : Екологія, Безпека, Якість, Комфорт* : Збірник тез доповідей міжнародної наукової конференції, м. Київ, 30 листопада 2022. Київ, 2022. С. 88-89.

29. Ломотько Д.В., Огар О.М., Ломотько М.Д. Перспективні напрямки розвитку транспортних систем залізниць на базі «зеленої логістики». *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 19-21 вересня 2023 р. Київ, 2023. С. 37–40.

30. Lomotko M.D., Ogar O.M., Lomotko D.V. Formation technology of cargo delivery in containers based on the ecological principles of "green" logistics. *Sustainable Development : Modern Theories and Best Practices* : Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference, Estonia, Tallinn, 28-29 April, 2023. Estonia, Tallinn. 2022. P. 171-173.

31. Lomotko D., Ogar O., Kozodoy D., Barbashyn V. Lomotko M. Prospects for application of "green" logistics in cargo transportation by rail transport. *The fourth industrial revolution and innovative technologies dedicated to the 100th anniversary of the national leader Heydar Aliyev : The proceedings of the international scientific-practical conference*, Azerbaijan, Ganja, 3-4 May 2023. Azerbaijan, Ganja. 2023. P. 263-264.

32. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Аналіз перспектив застосування «зеленої» логістики при перевезеннях вантажів залізничним транспортом. *Авіація, промисловість, суспільство* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кременчук, 18 трав. 2023 р.) Харків, 2023 С. 425-428.

33. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Удосконалення технології доставки вантажів у контейнерах на принципах «зеленої» логістики. *Транспортні технології та безпека дорожнього руху* : Збірник тез доповідей Четвертої всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Запоріжжя, 13–14 квітня 2023 р. Запоріжжя, 2023. С. 17-19.

34. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Формалізація технології мультимодальних залізничних перевезень на основі «зеленої» логістики. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика* : Матеріали 19-ї науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 1-2 червня 2023 р. Харків, 2023. С. 148-151.

35. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Передумова лібералізації залізничної галузі України. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи* : Збірник наукових праць XV міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 20 червня 2023 р. Київ, 2023. С. 99 – 104

36. Огар О. М., Ломотько М. Д. Формування технології доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками регіонального типу. *Інтелектуальні транспортні технології* : Тези доповідей 4-ї міжнародної науково-технічної конференції. м. Харків, 27-28 листопада 2023 р. Харків, 2023. С. 257-258.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	25
ВСТУП	27
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ	34
1.1. Аналіз основних показників роботи залізниць в сучасних умовах	34
1.1.1. Аналіз основних експлуатаційних показників транспортного процесу залізниць України	34
1.1.2. Основні напрямки вирішення проблем організації транспортного процесу залізниць України та інших країн	37
1.2. Аналіз основних напрямків наукових досліджень в сфері експлуатації залізниць	37
1.3. Аналіз досліджень в області удосконалення технології залізничних перевезень на основі логістичних принципів	41
1.4. Аналіз досвіду формування конкурентної структури системи доставки вантажів залізницями	43
1.4.1. Аналіз вимог вантажовласників до транспортного обслуговування	43
1.4.2. Особливості структури управління залізничною компанією-перевізником за кордоном	45
1.5. Структура управління Французької залізничної компанії (SNCF Réseau)	46
1.6. Структура управління Польської залізничної компанії Polskie Koleje Państwowe Spółka Akcyjna (PKP SA)	49
1.7. Структура управління Німецької залізничної компанії Deutsche Bahn AG	51
1.8. Аналіз можливості перетворення структури управління залізничним транспортом України з урахуванням компаній-перевізників	52
1.9. Аналіз наукових підходів до розрахунку та оптимізації	

	21
технологічних параметрів систем доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками	54
1.10. Аналіз досліджень в області формування «зелених» логістичних технологій на транспорті	56
1.10.1. Основні напрямки формування «зелених» логістичних технологій на залізницях України та інших країн	56
1.10.2. Аналіз наукових досліджень в сфері формування «зелених» логістичних технологій на залізницях	59
1.11. Висновки до першого розділу	63
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМИ КОМПАНІЯМИ-ПЕРЕВІЗНИКАМИ	66
2.1. Обґрунтування вибору напрямку досліджень процесу доставки вантажів залізничним транспортом	66
2.2. Удосконалення структури та інфраструктури системи доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками	67
2.2.1. Формування структури управління вітчизняними залізницями в умовах конкурентного середовища	67
2.2.2. Інфраструктура та рухомий склад залізничної компанії-перевізника	71
2.3. Технологія доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками	72
2.3.1. Організаційна структура компанії-перевізника	72
2.3.2. Технологія роботи залізничної компанії-перевізника	75
2.3.3. Швидкості та терміни доставки вантажів залізничною компанією-перевізником	76
2.4. Формування системного підходу до організації доставки вантажів в умовах конкретного середовища	78
2.5. Розробка багатокритеріальної динамічної моделі розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища	85

	22
2.6. Висновки до другого розділу	97
РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ ВАНТАЖІВ НА ОСНОВІ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЦЬ	100
3.1. Формування «зеленої» логістичної технології перевезень на залізничному полігоні та її оптимізація	100
3.1.1. Створення передумов формування системи управління залізничним перевезеннями з урахуванням вимог «зеленої» логістики	100
3.1.2. Формування системи управління залізничним перевезеннями з урахуванням вимог «зеленої» логістики на прикладі мультимодальних перевезень	101
3.1.3. Характеристика полігону дослідження та технології транспортування із застосуванням елементів «зеленої» логістики на прикладі мультимодальних перевезень компанії-перевізника	104
3.2. Оцінка екологічного критерію за основними маршрутами мультимодальних поїздів при перевезенні TEU різними видами транспорту	107
3.3. Формування нечіткого екологічного критерію при перевезенні вантажів декількома видами транспорту	113
3.4. Формування моделі ланцюга постачання вантажів у контейнерах компанією-перевізником на основі «зеленої» логістики	116
3.5. Оцінка якості та система контролю забруднюючого впливу на довкілля при перевезенні вантажів різними видами транспорту	120
3.6. Висновки до третього розділу	122
РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМИ КОМПАНІЯМИ-ПЕРЕВІЗНИКАМИ	124

	23
4.1. Формування автоматизованої системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником	124
4.2. Визначення та аналіз результатів розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізника	131
4.3. Визначення та аналіз результатів розрахунку постачання вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні на основі «зеленої» логістики	136
4.3.1. Кількісна оцінка шкідливих викидів з урахуванням значень нечіткого екологічного критерію	136
4.3.2. Результати розрахунків моделі ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики	141
4.4. Оцінка якості та адекватності результатів моделювання	144
4.4.1. Вибір показників, що характеризують якість та адекватність результатів моделювання	144
4.4.2. Перевірка на адекватність результатів моделювання постачання вантажів компанією-перевізником у внутрішньому сполученні в умовах конкуренції	146
4.4.3. Перевірка на адекватність результатів моделювання постачання вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні на основі «зеленої» логістики	150
4.5. Висновки до четвертого розділу	150
ВИСНОВКИ	154
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	160
Додаток А Структури управління закордонними та вітчизняними залізницями	177
Додаток Б Вартість будівництва залізничної станції	182
Додаток В «Зведена таблиця готовності» залізничної компанії-перевізника	183
Додаток Г Структура та функціонал залізничної компанії-перевізника	186
Додаток Д Графіки виконання технологічних операцій на станціях	

	24
відправлення і призначення філій компанії-перевізника та пунктах навантаження-вивантаження	187
Додаток Е Аналіз показників деяких видів транспорту	194
Додаток Ж Аналіз ставок екологічних податків в Україні та за кордоном	196
Додаток И Результати розрахунку та моделювання технологічно-економічних показників варіантів доставки вантажів	198
Додаток К Процедура формування нечіткого екологічного критерію	201
Додаток Л Вихідні дані та рішення двоетапної транспортної задачі з нечіткими критеріями перевезення контейнерів на дослідному полігоні з урахуванням екологічного критерію	204
Додаток М Розрахунки перевірки на адекватність результатів моделювання показників постачання вантажів компанією-перевізником у внутрішньому сполученні в умовах конкуренції	211
Додаток Н Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації	222
Додаток П Акти впровадження	231

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АТ Укрзалізниця – Акціонерне товариство Укрзалізниця;

ВВП – Валовий внутрішній продукт;

АСК ВП УЗ-Є – Єдина автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниця;

АБД ДІСПАРК – Автоматизовані бази даних, автоматизованої системи пономірного обліку, контролю дислокації, аналізу використання та регулювання вагонного парку на залізниця;

АСКОПД – Автоматизована система контролю й обробки перевізних документів;

АСУ – Автоматизована система управління;

АС Месплан – Автоматизована система Месплан;

ЄС – Європейський союз;

SNCF Réseau – La Société nationale des chemins de fer français Réseau;

PKP SA – Polskie Koleje Państwowe Spółka Akcyjna

DB AG – Deutsche Bahn Aktiengesellschaft;

ПДП – Приватно-державне партнерство

DHL – Dalsey, Hillblom and Lynn;

UPS Air Cargo – United Parcel Service Air Cargo;

ЄКМТ – Європейська Конференція Міністрів Транспорту;

ІТ – Information Technology;

СППР – Система підтримки прийняття рішень;

СППР-ДЛ – Система підтримки прийняття рішень диспетчера логіста;

ЄЕК ООН – Європейська економічна комісія Організації Об'єднаних Націй;

ДТП – Дорожньо-транспортна пригода;

EDI – Electronic data interchange;

QR – Quick Response;

ForFITS – For Future Inland Transport Systems;

RFID – Radio Frequency IDentification;

GPS – Global Positioning System;

TEU – Twenty-foot Equivalent Unit;

SCM – Supply Chain Management;

UNECE – Європейська економічна комісія ООН;

ISO – International Organization for Standardization.

ВСТУП

Актуальність теми. Залізничний транспорт займає одне з провідних місць у світовій транспортній системі перевезень вантажів, обсяги яких зростають. Україна прагне вступити до Європейського Союзу (ЄС). Однією з умов вступу є реформування залізничного сектору відповідно до європейських стандартів. Ця реформа здійснюється Урядом України на законодавчому рівні, а АТ Укрзалізниця – на організаційному та технологічному. Досвід реформування залізничного транспорту в ЄС свідчить про те, що зростання ВВП країн, створення нових робочих місць та скорочення державного фінансування у залізничну галузь відбувається завдяки розвитку бізнесу та конкуренції на залізничному транспорті.

Посилення конкуренції на залізничному транспорті буде означати появу нових «гравців» в сфері вантажних перевезень у вигляді нових операторських компаній, експедиторів та компаній-перевізників, в тому числі міжнародних. Відповідно до мети реформ нові «гравці» на залізничному транспорті усунуть монопольне становище АТ Укрзалізниця у сфері вантажних та пасажирських перевезень із збереженням вирішальної ролі АТ Укрзалізниця в сфері управління та утримання залізничної інфраструктури та магістральних локомотивів, як це має місце в багатьох країнах ЄС сьогодні.

Реформування залізничної галузі відповідно до стандартів ЄС означає не тільки зміни в технічному, науковому та правовому сенсі. В ЄС особлива увага приділяється екологічності вантажних перевезень, яку забезпечує «зелена» логістика. Крім того, достатньо жорстке законодавство країн ЄС у сфері екології вимагатиме від залізничного транспорту дотримання технологій, що засновані на «зеленій» логістиці. Розвиток «зеленої» логістики в Україні є важливим питанням, яке потребує свого вирішення.

З іншого боку, праці вітчизняних та закордонних вчених спрямовано на всебічний розвиток наукових основ функціонування залізничного та інших видів транспорту та відбивають важливість надійної роботи залізничної галузі, особливо під час воєнного стану.

Тому, спираючись на досвід країн ЄС, у цій дисертаційній роботі пропонується забезпечити ефективне конкурентне середовище у воєнний та повоєнний час та визначити місце та технологію функціонування компаній-перевізників на ринку залізничних транспортних послуг. Таким чином, представлена робота є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430–р «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року», «Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони», ратифікованої Законом України №–VII від 16.09.2014 р.

Автор брав участь у якості виконавця у науково-дослідних роботах «Удосконалення вантажних перевезень за участю залізничного транспорту на базі логістичних принципів» (ДР № 0123U101818) та «Дослідження технічних умов (ескізу) розміщення та кріплення вантажу зерна кукурудзи із застосуванням вкладишу із накидкою у чотирьохвісних піввагона на відповідність вимогам глав 1, 10, 14 додатку 3 до СМГС» (ДР № 0123U102326).

Мета і задачі дослідження. У дисертаційній роботі поставлено мету дослідження у вигляді удосконалення технології доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища шляхом врахування наявності компаній-перевізників та визначення раціональних параметрів ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено наступні завдання за темою дисертації:

- проведення аналізу діючої технології доставки вантажів залізничним транспортом;
- удосконалення системи доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища;
- розробка моделі розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища;

- формування ланцюга постачання вантажів на основі екологічного критерію із застосуванням «зеленої» логістики за участю залізниць;
- визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища;
- визначення раціональних параметрів ланцюга постачання вантажів за участю залізничного транспорту на основі «зеленої» логістики;
- формування автоматизованої системи розрахунку плану перевезень залізничних компаній-перевізників.

Об'єктом дослідження є система доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища.

Предметом дослідження є технологія доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища.

Методи дослідження. У процесі дисертаційного дослідження застосовано сучасні методи та теорії, зокрема проведені дослідження ґрунтуються на використанні системного підходу для систематизації параметрів функціонування залізничної компанії-перевізника; методу спрямованого перебору варіантів при визначенні раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища; методів розв'язання цілочисельної оптимізаційної математичної моделі формування логістичного ланцюгу з урахуванням екологічних вимог; статистичних методів для обробки вхідної інформації щодо поїздо- та вантажопотоків; методів теорії нечітких множин при формуванні відповідних критеріїв та визначенні впливу транспорту на довкілля.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання щодо удосконалення технології доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища.

Вперше:

- формалізовано технологію доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища, раціональні параметри якої розраховуються на основі багатокритеріальної динамічної моделі, що дозволяє отримати раціональний план перевезень вантажів на кожну добу розрахункового періоду;

- з метою автоматизації управління процесом функціонування залізничної компанії-перевізника розроблено автоматизовану систему розрахунку плану перевезень вантажів в умовах інформаційної взаємодії із АСК ВП УЗ-Є.

Удосконалено:

- систему доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища з урахуванням оцінки значення нечіткого екологічного критерію у вигляді векторної функції приналежності лінгвістичних змінних при наявності маршрутизації перевезень та обмежень на кількість зупинок поїздів, тривалість їх простою на залізничних станціях філій компанії-перевізника;

- шляхом врахування технологічних елементів «зеленої» логістики за допомогою нечіткого екологічного критерію удосконалено модель багатоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування, яка дозволяє визначити раціональну вартість перевезення вантажів при уні- та мультимодальних перевезеннях.

Практичне значення одержаних результатів. Сформовано систему доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища. Зазначена система дає змогу реалізувати реформу ЄС щодо впровадження залізничних компаній-перевізників на території України від моменту отримання заявки від вантажовідправника до моменту прибуття вагонів на станцію призначення з урахуванням вибору раціонального маршруту доставки вантажів, що дає змогу оперативному персоналу станції приймати зважені управлінські рішення в умовах динамічного характеру перевізного процесу. Основні результати і розроблені наукові підходи дисертаційної роботи впроваджено у роботу Департаменту технології перевезень АТ «Укрзалізниця», на регіональній філії Південна залізниця АТ «Укрзалізниця», а також у технологію роботи транспортно-експедиторської компанії «Експрес-Транс», про що отримано відповідні акти впровадження (Додаток П). Зокрема в актах зазначається, що за рахунок впровадження запропонованої технології перевезень прогнозується збільшення обсягів перевезення вантажів на 2...5% від існуючих обсягів, очікуване скорочення експлуатаційних витрат на формування

відправки вантажів складе 3...11%, екологічні показники за рівнем забруднюючих речовин можуть покращитись на величину до 15%.

Особистий внесок здобувача. Результати, що становлять основний зміст дисертаційного дослідження, отримані автором самостійно в Українському державному університеті залізничного транспорту. У наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок полягає у такому: у статті [1] проведено стислий аналіз стану контейнерних і контрейлерних перевезень в Україні, розгляд переваг та недоліків експлуатації різних видів транспорту та їх впливу на довкілля. На основі дослідження викладеного в роботі, зроблено висновок, що перспективу «зеленої» логістики слід ув'язувати із вимогами стандарту ISO 14001 (ДСТУ ISO 14001) «Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування»; у статті [2] проведено аналіз стосовно перспектив застосування концепції «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях вантажів за участю залізничного транспорту. В даній роботі запропоновано оцінку значення екологічного критерію при унімодальному та мультимодальному перевезенні вантажів; у статті [3] запропоновано використання концепції «зеленої» логістики при вантажних мультимодальних перевезеннях із залученням залізничного транспорту. В даній роботі представлено систему диференційних рівнянь, які є певним розвитком моделі динаміки популяцій «хижак-жертва» Лотки-Вольтерра з припущеннями про однорідність забруднення та незмінну в часі інтенсивність всіх процесів; у статті [6] розглянуто традиційний підхід до визначення екологічного критерію на основі розрахунку ряду окремих показників. Запропоновано економіко-математичну модель двоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування із нечіткими критеріями; у статті [7] розглянуто можливість впровадження приватних вантажних залізничних компаній-перевізників в Україні. Було наведено параметри системи, вхідні впливи на систему і стан системи у момент часу t .

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації пройшли обговорення та отримали позитивну оцінку на засіданнях кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту протягом 2019-2023 рр. під час атестації аспірантів, а також на 29 наукових

конференціях (у тому числі міжнародних), зокрема: Proceedings of the 26th International Scientific Conference. (Kuanas, Lithuania, 5-7 October 2022); International Conference on Smart Technologies in Urban Engineering. (Kharkiv, 9-11 June 2022); Proceedings of the 27th International Scientific Conference (Palanga, Lithuania, 4-6 October, 2023); AIP Conference Proceedings (Kharkiv, 17-19 November 2021); II Всеукраїнській конференції молодих вчених «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку» (Дніпро, 17 грудня 2020 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні технології управління транспортними процесами» (Харків, 17-18 листопада 2020 р.); V міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні науково-технічні дослідження» (Івано-Франківськ, 5-7 квітня 2021 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (Київ, 21-23 квітня 2021 р.); VII forum for young researchers “young researchers in the global world: achievements and challenges” (Kharkiv, April 23 2021); V міжнародній науково-практичній конференції «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи» (Львів, 20-21 травня 2021 р.); 2-ій міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні транспортні технології» (Харків, 27-29 квітня 2021 р.); Сімнадцятій науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (Харків, 3-4 червня 2021 р.); I міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна галузь України: проблеми та перспективи розвитку» (Слов'янськ, 14 травня 2021 р.); 9-ій Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, 17-19 листопада 2021 р.); Monthly International Scientific and Practical Conference «Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices» (Tallinn, March 31 - April 1 2022); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems». (Кропивницький, 13-15 квітня 2022 р.); XIV міжнародній науково-практичній конференції «Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи» (Дніпро, 23 червня 2022 р.); V міжнародній науково-практичній конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (Київ, 21-23

вересня 2022 р.); 18-й науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (Харків, 2-3 червня 2022 р.); 3-й міжнародно науковій-технічній конференції «Інтелектуальні транспортні технології» (Харків, 22-23 листопада 2022 р.); Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні Транспортні Системи: Екологія, Безпека, Якість, Комфорт». (Київ, 29-30 листопада 2022 р.); VI міжнародній науково-практичній конференції «автомобільний транспорт та інфраструктура» (Київ, 19-21 вересня 2023 р.); Monthly International Scientific and Practical Conference «Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices» (Tallinn, April 28-29, 2023); International scientific-practical conference on «the fourth industrial revolution and innovative technologies» dedicated to the 100th anniversary of the national leader Heydar Aliyev. (Ganja, 3-4 May 2023); VI міжнародній науково-практичній конференції «Авіація, промисловість, суспільство» (Кременчук, 18 травня 2023 р.); Четвертій всеукраїнської науково-практичній конференції «Транспортні технології та безпека дорожнього руху» (Запоріжжя, 13-14 квітня 2023 р.); 19-й науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (Харків, 1-2 червня 2023 р.); XV міжнародній науково-практичній конференції «Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи» (Київ, 20 червня 2023 р.); 4-й міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні транспортні технології» (Харків, 27-28 листопада 2023 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 7 основних наукових статей (2 із них є одноосібними) у фахових виданнях, затверджених МОН України, та 29 додаткових праць, з яких 4 статті у базі даних Scopus та WoS, 24 тез доповідей на науково-практичних конференціях і 1 стаття у матеріалах конференції.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг дисертації складає 233 сторінок, з яких обсяг основного тексту – 133 сторінки, 30 рисунків (з них 3 рисунка на 5 окремих сторінках) і 9 таблиць (1 таблиця на окремій сторінці), список використаних джерел із 140 найменувань, і 13 додатків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ

1.1. Аналіз основних показників роботи залізниць в сучасних умовах

1.1.1. Аналіз основних експлуатаційних показників транспортного процесу залізниць України

Транспорт загального користування – це галузь економіки, що задовольняє потреби всього народного господарства та населення в перевезеннях вантажів і пасажирів [37]. До транспорту загального користування відносять залізничний, водний (морський і річковий), автомобільний, повітряний транспорт і трубопровідний види. Завдяки розвинутій мережі шляхів сполучення основним транспортом загального користування можна вважати залізничний [37, 38, 39].

Відповідно результатам звіту Американської торгівельної палати, наша країна є транзитною із великим потенціалом. За оцінками аналітиків ємність українського логістичного транспортного ринку досягає 300 млрд євро, а реально цей потенціал реалізується тільки на 2...4 % [1, 2].

На початку воєнного стану у країні значна частина підприємств зупинили діяльність. Загальна ситуація в економіці після початку війни поступово покращується, але прогноз падіння ВВП складає до 30-35%.

Аналіз показників діяльності залізниць України у останні роки свідчить про коливання основних експлуатаційних показників роботи галузі та суттєве зменшення обсягів перевезень в умовах скорочення парку рухомого складу [40, 41] (рисунок 1.1). Але вже починаючи з 2023 року спостерігається поступове покращення ситуації стосовно обсягів перевезень вантажів.

У 2022 році перевезено 150,6 млн т вантажів, що на 163,8 млн т або на 47,9% менше, ніж за 2021 рік, зокрема у внутрішньому сполученні перевезено 76,1 млн т (-49,2%), на експорт – 59,4 млн т (-47,1%), імпорт – 12,4 млн т (-69,5%), транзит – 2,7 млн т (-76,9%). Якщо порівнювати 2022 та 2023 рік, то в 2023 році перевезено 148,4 млн т вантажів, що на 1,5% менше, ніж за 2022 рік, але ці показники за рахунок того,

що на початку 2022 р. не було активних бойових дій. Стосовно внутрішнього сполучення перевезено 77 млн т (+0,13%), на експорт – 63 млн т (-6%), імпорт – 6 млн т (-51,6%), транзит – 1 млн т (-300%).

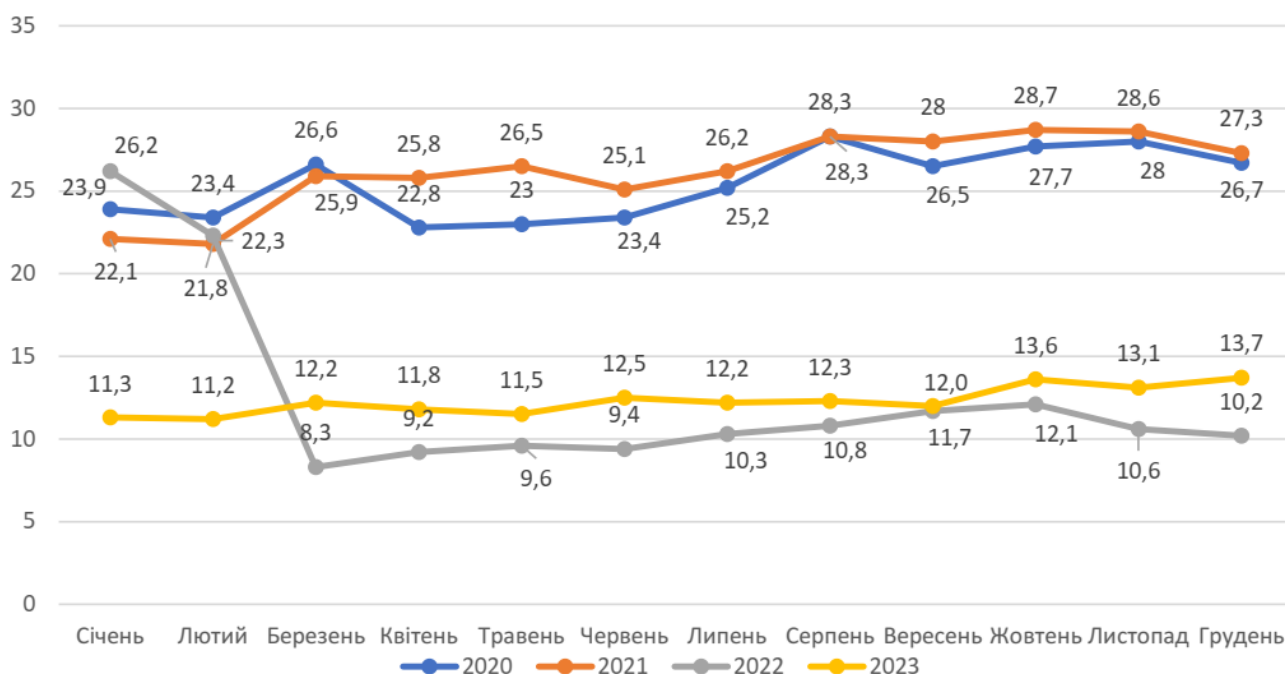


Рисунок 1.1 - Загальні обсяги перевезень вантажів за 2020-2023 роки, млн. т

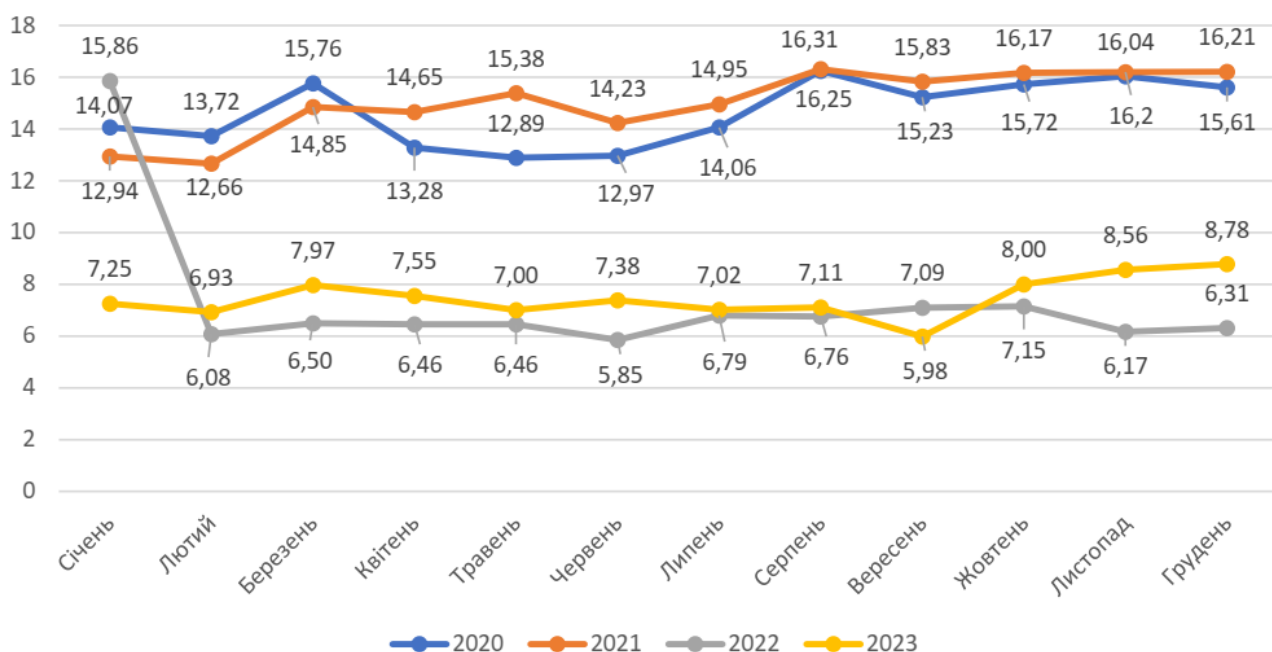


Рисунок 1.2 - Загальний вантажообіг за 2020-2023 роки, млрд. т-км

Вантажообіг у 2022 р. скоротився на 85,8 млрд т-км, або на 47,6% до 94,6 млрд т-км (рисунок 1.2). А вантажообіг у 2023 році скоротився ще на 4 млрд т-км або ще на 4,3% до 90,6 млрд т-км. Вантажообіг скоротився меншими темпами від обсягів перевезень, враховуючи збільшення середньої відстані перевезень на 54 км або на 9,4%. Середня відстань перевезень у 2022 році склала 628 км. У цих умовах подальше удосконалення технології надання транспортних послуг може здійснюватися за рахунок ефективного управління та впровадження логістичних підходів.

Інтеграція в Європейський союз потребує врахування важливих для закордонної транспортної системи екологічних показників. Оскільки вартість перевезення та рівень забруднення атмосферного повітря залежить від тривалості дії пересувного джерела (відстані перевезення вантажів та середньої швидкості руху), досліджено середню відстань перевезення вантажів залізничним та автомобільним транспортом в Україні, яку наведено у динаміці на рисунку 1.3. Встановлено, що середня відстань перевезень за останні роки залізничним транспортом склала 577,3 км, а автомобільним – 225,2 км, тобто лідируючим по цьому показнику залишається залізниця [2].

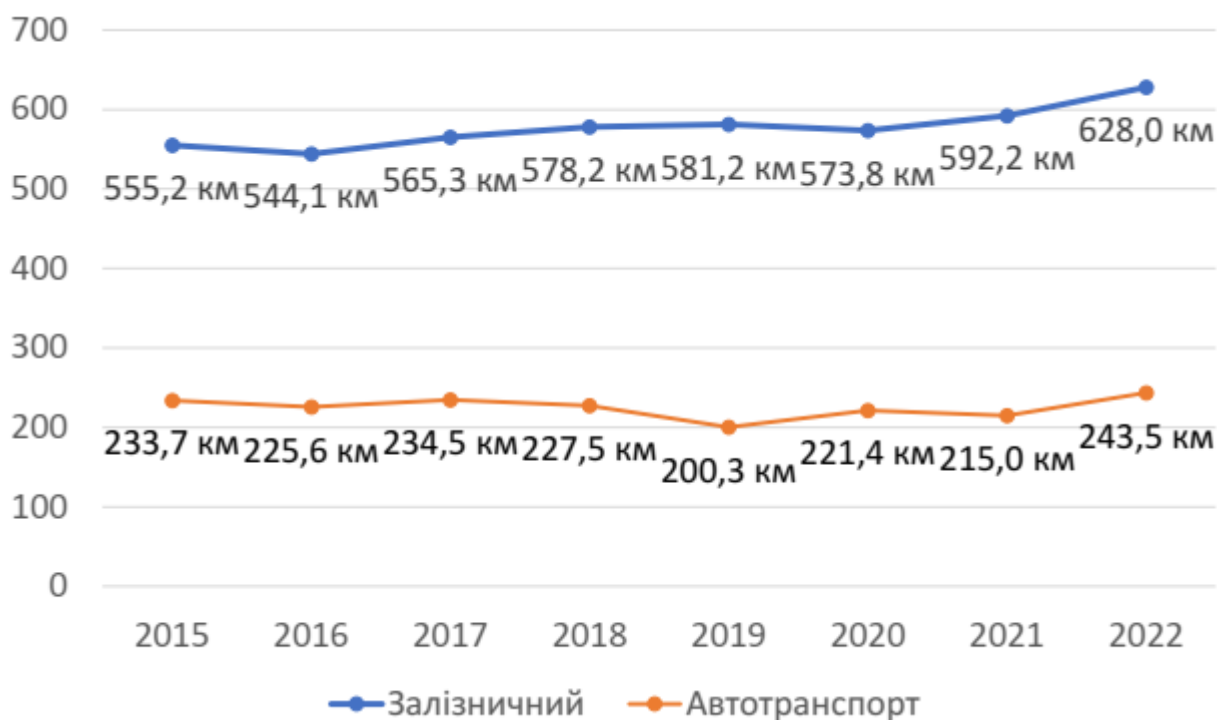


Рисунок 1.3 - Середня відстань перевезень вантажів залізничним і автомобільним видами транспорту в Україні

1.1.2. Основні напрямки вирішення проблем організації транспортного процесу залізниць України та інших країн

Реформування залізничного транспорту спрямовано на уникнення монопольного положення АТ Укрзалізниця в країні та проходить, як правило, по трьох напрямках [42, 43]:

- вивід залізничного транспорту із ведення держави та прийняття стейкхолдерами відповідальності за перевезення;
- реструктуризація залізничного транспорту із метою посилення ринкової орієнтації та створення вертикально-орієнтованих функціональних структур;
- перерозподіл сфер діяльності в області надання транспортних послуг між приватним і державним сектором.

1.2. Аналіз основних напрямків наукових досліджень в сфері експлуатації залізниць

Важливість і значимість залізничного транспорту для України підтверджується обсягом і кількістю перевезених вантажів і пасажирів з урахуванням розташування основних для економіки України виробництв. В умовах воєнного стану та необхідності відновлення економіки України для реалізації стратегічних задач важливим є забезпечення перевезення вантажів. Сьогодні залізниця має значні виклики у сфері перевезень з боку конкуруючих видів транспорту, а також у середині системи, особливо це стосується нестачі сучасних вантажних вагонів та локомотивів. Значне зростання кількості операторських компаній сприяє збільшенню кількості приватного вагонного парку на мережі залізниць. Технічне оснащення, колійний розвиток під'їзних колій багатьох підприємств не в змозі переробити той вагонопотік, який надходить на їх адресу. Вказані чинники є причиною затримок в просуванні вантажних поїздів, що призводять до порушень термінів доставки вантажів залізницею.

Питання організації вагонопотоків і розробки плану формування вантажних поїздів висвітлено в роботах таких вчених: Альошинського Є.С., Акулінічева В.М.,

Батурина А.П., Бородіна А.Ф., Буянової В.К., Гершвальда А.С., Гоманкова Ф.С., Данька М.І., Дуваляна С.В., Ковальова А.О., Козлова П.А., Кулешова В.М., Левіна Д.Ю., Осьмініна А.Т., Паніна В.В., Персіанова В.А., Сотникова Є.О., Яновського П.О. та інших.

Необхідність і способи підвищення пропускної спроможності, а також способи найбільш ефективного використання інфраструктурних потужностей станцій і вузлів розглядали Аксьонов В.І., Аветікян М.А., Акулінічев В.М., Апатцев В.І., Архангельський Є.В., Бернгард К.А., Бобровський В.І., Бутько Т.В., Буянова В.К., Ветухов Е.А., Волков В.С., Гриньов А.А., Дмитренко А.В., Дьяков Ю.В., Зубков В.М., Іловайський Н.Д., Каплун Б.М., Козаченко Д.М., Кудрявцев В.А., Лаврухін О.В., Ломакіна М.М., Малахова О.А., Огар О.М., Осьмінін А.Т., Прохорченко А.В., Сотников Є.О., Тішкін Е.М., Кожухів Л.П., Чехунов Д.М. та інших.

Вирішення проблем пов'язаних з порушеннями термінів доставки вантажів і підвищенням контролю над їх дотриманням висвітлюються в роботах Бородіна А.Ф., Грачова С.А., Запари В.М., Котенко А.М., Мацюка В.І., Нутовіч В.Є., Прілепіна Є.В., Садчикової В.А., Ткачова І.В., Шапкіна І.М. тощо.

Дослідження технології роботи під'їзних колій підприємств і вантажних станцій знайшли відображення у роботах Акулінічева В.М., Бабушкіна Г.Ф., Берестового А.М., Білогурової О.В., Бобровського В.І., Бутько Т.В., Губенка В.К., Данька М.І., Дерібаса А.Т., Жуковицького І.В., Загарія Г.І., Котенка А.М., Крохіна Л.С., Ломотька Д.В., Мироненка В.К., Нагорного Є.В., Омельченка О.Д., Повороженка В.В., Полякова А.О., Самсонкіна В.М., Цегельніка М.Л., Яновського П.О. та інших.

Також велику увагу приділили розвитку наукових основ різних аспектів залізничних перевезень такі автори як Бабаєв М.М., Бабушкін Г.Ф., Дейнека О.Г., Дикань В.Л., Запара Я.В., Мойсеєнко В.І., Панченко С.В., Парунакян В.Е., Тартаковський Е.Д., Шелехань Г.І. та інші [44].

Залізничний транспорт України є поєднанням складної системи технологічних підрозділів і технічних засобів, які повинні забезпечити перевезення вантажів із максимально можливою продуктивністю, мінімальною собівартістю та гарантованою

безпекою руху. З цього і головна проблема – станції займаються всіма видами робіт. Саме це визначає низьку ефективність виконуваних робіт по станціях. Таким чином, необхідно значну увагу приділяти спеціалізації станцій, аби досягти більш ефективної продуктивності. Якщо кожен тип станцій буде виконувати один вид робіт, це підвищить продуктивність і зменшить витрати на забезпечення операційної роботи станцій. Це дозволить ліквідувати багаторазову переробку вагонів, прискорити їх обіг, поліпшити використання технічних засобів, оптимізувати штат працівників. Чим більше та швидше поїздів прослідують через станції, чим більше вагонів буде оброблено, чим менший час простою вагонів на станціях, тим більше будуть задоволені вантажовідправники.

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій з питань удосконалення процесу обробки вагонопотоків на станціях показав, що [45]:

1) при розрахунку плану формування поїздів недостатньо враховується оснащеність станцій;

2) зіставлення витрат вагоно-годин на станціях формування відбувається з економією вагоно-годин при прослідюванні попутних технічних станцій без переробки;

3) основна увага приділяється оптимізації процесу розформування складу потягів і значно менше – пошуку ефективних рішень з раціонального розподілу роботи між станціями з урахуванням можливої повторної переробки вагонів у їх кінцевих пунктах прямування.

За останні роки зовнішня політика України стала головним важелем впливу на економічний розвиток країни. В цей час країні як ніколи потрібна потужна логістика, особливо на залізничному транспорті. Одним із варіантів покращення комерційної і експлуатаційної роботи вантажних залізничних станцій може стати впровадження митних складів. Проблему розміщення та функціонування митних складів досліджували такі вчені, як Берестов І.В., Бережнюк І.Г., Габа В. В., Данелюк В. І., Федотов О. П., Христофор О.В. [46].

Проблему реформування ринку залізничних перевезень досліджували провідні спеціалісти та вчені в галузі залізничного транспорту: В.П. Гудкова [47], В.Л. Дикань,

[48], Е.А. Петренко, В.О. Овчиннікова [49], О.А. Собкарь та ін. У своїх роботах дослідники доводять, що всі роки незалежності держава використовувала переважно методи, які впливали лише на технічне, антимонопольне та тарифне регулювання в галузі.

У своєму дослідженні президент Європейської асоціації залізничників доктор Ж.-П. Естіваль дослідив і описав три структурних моделі, згідно з якими має проходити реформування залізничного транспорту в країнах, які є кандидатами на вступ до Європейського Союзу:

- модель розділення – інституційно розділяються оператори інфраструктури і компанії, що здійснюють залізничні перевезення.

- інтеграційна модель – за даної моделлю сфери діяльності (крім управління перевезеннями та управління інфраструктурою) управляються з різних центрів прийняття рішень та мають власні баланси, проте вони не є самостійними юридичними особами.

- холдингова модель – коли всі підприємства галузі трансформуються в єдиний холдинг, суб'єкти діяльності холдингу є юридично незалежними та з окремими балансами, проте стратегія їхньої роботи визначається управлінням холдингу [50].

Україна для себе вибрала інтеграційну модель управління залізничним транспортом, хоча у вітчизняній практиці цю модель називають моделлю вертикальної інтеграції. Ця модель вже почала впроваджуватися. Так, на верхньому рівні вже є чітка картина майбутньої структури та розподілу функцій по окремих департаментах, проте досі не до кінця є зрозумілою організаційна структура діяльності філій та інших структурних підрозділів.

Проблемі підвищення швидкостей руху на залізничному транспорті присвячена велика кількість досліджень учених. Так, у праці Г. Кірпи [44] було викладено основи ефективності впровадження швидкісного руху на залізницях України; у роботі Н. Божок проаналізовано напрями впровадження швидкісних пасажирських перевезень в Україні та їх недоліки [50]; комплексних результатів оцінювання ефективності впровадження швидкісного руху досягли В. Дикань та Ю. Пащенко [51];

дослідженням теоретико-концептуальних засад розвитку залізничного транспорту і швидкісних перевезень зокрема присвячено роботу О. Дейнеки [52].

У межах проблематики дослідження організаційно-правових основ перевезень вантажів залізничним транспортом працювали провідні науковці й вчені щодо реформування залізничного транспорту, зокрема такі: І.М. Аксьонов, Ю.С. Бараш, М.В. Гненний, О.Г. Дейнека, В.Л. Дикань, Г.Д. Ейтутіс, Г.М. Кірпа, А.О.Ковальов, Н.М. Колеснікова, Ю.Ф. Кулаєв, М.В. Макаренко, Н.Б. Малахова, О.В. Нікуліна, А.М. Новикова, Л.О. Позднякова, О.М. Пшінько, В.М. Самсонкін, Є.М. Сич, В.І. Сіраков, Ю.М. Цветов та інші.

1.3. Аналіз досліджень в області удосконалення технології залізничних перевезень на основі логістичних принципів

В основі сучасних досліджень в області управління залізничними станціями та перевезеннями вантажів покладено системний підхід. Системний підхід - це загальне поняття у системних дослідженнях, яке ґрунтується на комплексному дослідженні як внутрішньої структури і внутрішніх технологічних процесів у транспортній системі, так і її зовнішніх зв'язків, динаміки розвитку і функціонування [53, 54]. Важливим при використанні системного підходу є розгляд транспортної системи як цілісної сукупності елементів, яка призначена для рішення задач з метою досягнення єдиного результату. Використання системного аналізу в області управління залізничними станціями та перевезеннями вантажів дозволяє сформулювати упорядковану методологію досліджень на основі системного підходу [55, 56, 57, 58].

Впровадження логістичних підходів базується на використанні сучасних корпоративних інформаційних систем SCM (Supply Chain Management), що забезпечує зниження витрат підприємств на логістику і закупівлю на 2...8% [15, 57, 59]. Раніше напрацьовані ефективні технологічні рішення в системі експлуатації залізниць на основі логістичних принципів частково використовуються на залізницях, хоча вони потребують удосконалення, що на підставі аналізу [4, 12, 13, 41, 60, 61] зведено до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Аналіз деяких технологічних систем перевезень вантажів залізничним транспортом з елементами логістики

Назва технологічних систем	Основні функції	Напрямки реструктуризації або доопрацювання
1	2	3
Календарне планування перевезень вантажів	Складання календарного плану перевезень вантажів між залізницями на рівні станцій відправлення та призначення з основною клієнтурою	Врахування різних власників вагонного парку на основі АБД ДІСПАРК та АСКОПД (масив дорожніх відомостей)
Призначення відправницьких та ступеневих маршрутів	Визначення доцільності відправницьких та ступеневих маршрутів, складання календарного плану навантаження.	При складанні плану формування поїздів (напрямки прямування вагонопотоків) треба врахувати різних власників рухомого складу (операторів) та пономерну модель АСК ВП УЗ-Є
Призначення кільцевих і технологічних маршрутів зі спеціальних вагонів (досвід залізниць та операторів-власників рухомого складу)	Визначення доцільності кільцевих і технологічних маршрутів між стабільними відправниками та отримувачами масових вантажів з контролем прямування	При складанні плану формування поїздів (напрямки прямування вагонопотоків) врахувати пономерну модель АСК ВП УЗ-Є
Система стійкого забезпечення залізниць навантаження порожніми вагонами	Визначення доцільності призначення поїздів з порожніх вагонів між залізницями та їх сортувальними станціями на напрямках	При складанні планів поїздоутворення сортувальних станцій, що взаємодіють на напрямках прямування, доповнити АСК ВП УЗ-Є даними про порожні вагонопотоки у реальному часі

1	2	3
Укрупнення груп вагонів на станції вузла до адреси одного отримувача вантажу згідно заявки АС Месплан	Визначення призначень плану формування сортувальної станції, які поповнюються вагонами навантаження станції (або декількох станцій) вузла	При складанні планів поїздоутворення врахувати укрупнення навантаження вузла у процесі накопичення вагонів та доповнити АСК ВП УЗ-Є відповідними задачами рівня вузла та залізниці
Комплексна система безперервного планування та контролю роботи залізничного вузла з морськими портами по експортно-імпортними вантажам	Планування обробки морських суден при взаємодії зі станціями та вантажними комплексами морських портів	Використання сучасних інформаційних технологій АСК ВП УЗ-Є у реальному часі при взаємодії із АСУ суміжних видів транспорту
Прикордонна транспортна система	Складання прикордонних передаточних відомостей на основі ТГНЛ, попереднє експедирування, митних та прикордонних операцій	Доповнення АСК ВП УЗ-Є та АС Месплан технологіями прикордонної транспортної системи зі створенням єдиного інформаційного середовища

1.4. Аналіз досвіду формування конкурентної структури системи доставки вантажів залізницями

1.4.1. Аналіз вимог вантажовласників до транспортного обслуговування

Лібералізація ринку залізничних перевезень в Україні і допуск приватних компаній-перевізників на ринок залізничних вантажних перевезень передбачені зобов'язаннями, які взяла на себе Україна у 2014 році під час підписання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС на позачерговому саміті Україна – ЄС [28].

Аналізуючи вимоги вантажовласників до залізничного транспорту, можливо виділити основні стримуючі фактори для забезпечення конкурентних переваг та якості надання залізничних послуг, а саме:

- недостатній розвиток транспортного сервісу в частині постачань, що відповідають за початково–кінцеві операції термінальних комплексів, у тому числі унімодальних та мультимодальних перевезень;
- недосконалість єдиної інформаційної системи підтримки прийняття рішень;
- відсутність єдиного інструменту, що забезпечує оптимальну взаємодію вантажовласників, залізниці, суміжних видів транспорту, експедиторів, операторів, власників вагонного парку, інших учасників ланцюга постачань з точки зору підвищення якості обслуговування, покращення використання інфраструктури та рухомого складу;
- виникнення реальних втрат, пов'язаних зі збільшенням терміну доставки, простоями вагонів на підходах до портів, прикордонних переходів та промислових підприємств.

Перспективи подальшого ефективного та конкурентного функціонування залізниці як галузі пов'язані з системним підходом до вирішення задач складання графіків доставки вантажів, маркетингу, прогнозування, виявлення «вузьких місць» на підставі аналізу потреб клієнтів та наявних можливостей залізниці, розробки методів та пропозицій розвитку (в чому числі з розвитку термінальної інфраструктури) з урахуванням в якості критеріїв оптимальності наступних показників: якість транспортного обслуговування, стабільність та надійність надання транспортних та супутніх послуг.

На сьогоднішній день ринок транспортних послуг диктує все більш жорсткі умови для перевізників, експедиторів, операторів, власників рухомого складу щодо рівня якості транспортних послуг, їх комплексності і оперативності реагування на вимоги клієнтури. Вантажовласник при виборі перевізника віддає перевагу комплексному наданню транспортної послуги. Вимоги вантажовласників до організації процесу перевезень вантажів можна охарактеризувати шістьма технологічними групами:

- необхідність: доставки вантажів «точно в строк»; доставки вантажів «від дверей до дверей»; гнучкого рівня транспортного обслуговування; митного обслуговування при експортно-імпортних перевезеннях; супроводження вантажу.

- зручність: пред'явлення вантажу до перевезення; розташування пунктів навантаження; отримання вантажу у пунктах призначення; документального оформлення перевезення; інформаційного обслуговування.

- забезпечення: надійності перевезень; регулярності перевезень; безпеки перевезень; збереженості вантажу під час перевезення.

- оптимізація: вартості перевезення; проміжних перевантажувальних операцій на шляху прямування.

- інформування: про тарифи на перевезення; про умови перевезень; про місцезнаходження і стан вантажу під час перевезення.

- надання і дотримання: додаткових сервісних послуг; необхідної транспортної тари для пред'явленого вантажу; раціональної технології в пунктах перевалки та перетину державного кордону при зміні ширини колії.

Отже, треба відзначити, що даний перелік відображає основні вимоги вантажовласників до процесу перевезення та загалом до залізниці. Існує багато додаткових побажань вантажовласників, на які можливо звернути увагу в майбутньому [62, 63, 64].

1.4.2. Особливості структури управління залізничною компанією-перевізником за кордоном

Формування структури системи доставки вантажів закордонними та вітчизняними залізницями показує, що в структурі управління на ринку перевезень представлені як державні, так і приватні компанії-перевізники.

У роботі [71] розглянуто системи роботи Французьких, Британських, Китайських, Польських, Японських та інших залізниць. Наведений опис реформ, екскурс в минуле та загальна інформація про зазначені залізниці допомагають отримати безцінний досвід для Української залізниці. Дане джерело інформації

багате на фінансові та експлуатаційні показники зазначених залізниць з наведенням структур управління. Особлива увага в джерелі приділяється Французькій залізниці (SNCF Réseau), звідки взято інформацію про технологічні параметри системи доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками.

Деякі джерела інформації здійснюють глибокий опис реформ Німецької залізниці (Deutsche Bahn) [75]. У даній роботі, окрім опису елементів системного підходу до організації доставки вантажів компаніями-перевізниками на Німецькій залізниці, також наведено приклад та детальний опис покупки нитки графіку для поїздів. Частково описано технологічний ланцюг роботи з поїздами для залізничних компаній-перевізників.

З метою перспектив впровадження в умовах АТ Укрзалізниця запропоновано дослідити досвід держав, які провели успішні реформи залізниць, такі як: Франція компанія SNCF Réseau, Польща компанія Polskie Koleje Państwowe SA (PKP) та Німеччина компанія Deutsche Bahn AG [36, 65, 66, 67].

1.5. Структура управління Французької залізничної компанії (SNCF Réseau)

Аналіз функціонування Французької залізничної компанії (SNCF Réseau) показав, що в структурі управління на ринку перевезень представлені як державні, так й приватні компанії-перевізники. Ці компанії-перевізники конкурують між собою, але кожна компанія займає свій сегмент ринку, на якому отримує основний прибуток з незначною присутністю на інших сегментах ринку вантажних перевезень. Дана структура являється вертикально інтегрованою системою управління, де над державними дочірніми компаніями Французька залізниця управляє безпосередньо через вертикаль управління, а з приватними компаніями-перевізниками взаємодіє через моделі «Партнерства» або моделі «Концесії» [25, 68], сама структура управління Французької залізничної компанії (SNCF Réseau) зображена в додатку А.1 [25].

З клієнтами (вантажовідправниками, вантажоодержувачами тощо) SNCF Réseau взаємодіє за наступним принципом: залізнична приватна компанія перевізник або державна компанія надає послугу, а клієнт її сплачує.

За моделлю партнерства SNCF Réseau отримує орендну плату або плату за експлуатаційну готовність інфраструктури протягом усього терміну дії угоди. Розмір плати залежить від ступеня виконання приватної компанії-перевізника своїх договірних зобов'язань щодо якості та експлуатаційної готовності інфраструктури. Сума, що сплачується партнерові, не залежить від інтенсивності залізничних перевезень на об'єкті інфраструктури. SNCF Réseau збирає оплату за доступ до залізничної інфраструктури у операторів рухомого складу та бере на себе всі ризики залізничних перевезень (страхування, утримання залізничної інфраструктури в робочому стані, забезпечення безпека на транспорті тощо). Ця модель партнерства застосовується при відносно низькій прогнозованій інтенсивності перевезень, коли приватний перевізник не бажає приймати на себе ризики, пов'язані із залізничним сполученням та одержуваням від нього прибутком.

За моделлю концесії приватна компанія-перевізник отримує з операторів залізниць оплату доступу до інфраструктури. Збори за доступ до інфраструктури компенсують експлуатаційні витрати лінії, а також забезпечують окупність приватних інвестицій. Оскільки ці збори найчастіше не компенсують повний обсяг інвестицій SNCF Réseau, місцеві органи влади та уряд країни мають частково це фінансувати. При даній моделі концесіонер бере на себе всі ризики, пов'язані з проектуванням, будівництвом та експлуатацією лінії, включаючи ризики залізничного перевезення. Натомість концесіонер отримує право збору платежів за пропуск поїздів по лінії. Збір стягують за пропуск поїздів як державних компаній, так і приватних компаній-перевізників.

Основна відмінність між двома моделями полягає у розподілі ризиків залізничного сполучення між державою та приватними компаніями.

Аналізуючи структуру управління французької SNCF Réseau [69], виділено такі переваги:

- середній рівень конкуренції між всіма компаніями-перевізниками всіх форм власності;
- чітка модель взаємодії між приватними компаніями-перевізниками та SNCF Réseau;
- можливість вибрати одну із двох моделей взаємодії між приватними компаніями-перевізниками - модель партнерства або модель концесії;
- розподілення сегментів ринку вантажних перевезень між компаніями-перевізниками;
- наявність державних та приватних компаній-перевізників в додаткових сегментах ринку, що створює конкуренцію в вантажних перевезеннях для існуючих компаній перевізників.
- збереження цілісності державної залізничної компанії SNCF Réseau, її відповідальності за залізничні перевезення, керування рухом і поточне утримання інфраструктури мережі.

До недоліків даної структури управління відносяться:

- велика кількість законодавчих актів та нормативів, які поширюються на французьку національну залізницю, що свідчить про високий рівень її «бюрократизації»;
- розділення ринку вантажних перевезень між існуючими компаніями-перевізниками, що значно ускладнює появу нових учасників перевезень;
- велике навантаження на бюджети місцевих органів влади та уряду країни при виборі приватної компанії-перевізника моделі «Партнерство» (субсидування на інфраструктуру залізниці).

Отже, зазначені вище моделі можуть бути варіантом взаємодії Української залізниці з компаніями-перевізниками. Це дозволяє зберегти у разі потреби контроль над інфраструктурою, як видно з схеми додатку А.1. При цьому є можливість створити конкуренцію вантажних та пасажирських перевезень, що є передумовою для зниження тарифів на перевезення та покращення якості обслуговування пасажирів та вантажовласників.

1.6. Структура управління Польської залізничної компанії Polskie Koleje Państwowe Spółka Akcyjna (PKP SA)

Польська залізнична компанія Polskie Koleje Państwowe Spółka Akcyjna (PKP SA) є однією з найбільш лібералізованих залізниць в Європі. Вона має понад 70 суб'єктів, які здійснюють вантажні перевезення. Серед них є другий за величиною вантажний перевізник в Європі – PKP Cargo, який є державно-приватною компанією, де частина акцій належить державі, а інша частина приватним особам [70]. Формування сучасної структури управління Польської залізниці відбувалося під впливом директив Європейського союзу 2001/12/WE та 2001/13/WE, які призвели до ліквідації монополії національної Польської залізниці, що створило залізничний ринок вантажоперевезень та компаній-перевізників на території Польщі [65]. Структура управління Польської залізниці зображено в додатку А.2 [27].

PKP SA являє собою структуру, в якій материнська компанія володіє частиною акцій дочірніх компаній. Польські залізниці взаємодіють з приватними компаніями-перевізниками через ліцензії або через продаж частин акцій державних залізничних компаній, де держава має найбільшу частину акцій. Дочірні компанії розподіляються по таким напрямкам, як ринок пасажирських перевезень, управління інфраструктурою, ринок вантажних перевезень. Державна компанія контролює залізничну інфраструктуру, але ринок пасажирських перевезень та ринок вантажних перевезень, окрім PKP Cargo, переданий приватним компаніям-перевізникам на основі ліцензування. А в свою чергу компанії обслуговують пасажирів або вантажовідправників за грошову винагороду [65].

Пройшовши довгий шлях реформ в залізничному секторі та ліквідувавши монополію, Польські залізниці досягли таких основних результатів [71]:

- реструктуризації фінансових ресурсів та заборгованості;
- реорганізації системи зайнятості з оптимізацією штату;
- реструктуризації активів.

Аналіз досвіду компанії PKP SA дає важливий досвід розвитку залізничних компаній в цілому і в її структурному управлінні, а саме [71]:

- ефективне управління залізницею та її організаційною структурою управління являються ключовими факторами у рамках реалізації програми реструктуризації;

- приділяється велика увага задоволеності клієнтів в перевезенні вантажу, що дало поштовх до підвищення якості надання послуг, відновлення рухомого складу, модернізації залізничної інфраструктури, збільшення швидкості руху, підвищення ефективності перевезень та модернізації інформаційної системи, забезпечення дотримання розкладу та надійності обслуговування, а також підвищення безпеки руху поїздів [16];

- ця система вимагає значних довгострокових капіталовкладень, що призводить до створення довгострокових стратегій розвитку транспорту та інфраструктури;

- використання більш ефективних ІТ-систем, що дозволило більш ефективно керувати роботою залізниць, збільшити потік інвестицій у розвиток систем управління технологічними процесами, що підвищує ефективність прийняття рішень персоналом;

- реалізації оптимальної схеми корпоративного управління та ефективного внутрішнього аудиту, що дозволило покращити управління ризиками та запобігти перебоєм у роботі залізниці.

Отже, структура Польської залізниці зберегла державну власність над інфраструктурою поряд з відкритістю до приватизаційних процесів інших напрямків. В цих умовах Польські залізниці залишаються досить залежними від допомоги держави, розраховуючи на значні бюджетні дотації та компенсацію завданих збитків внаслідок законодавчо затверджених пільг та утримання нерентабельних окремих залізничних ліній. На даний момент Українська залізниця за напрямком реформ рухається за сценарієм Польської залізниці. У 2015 році створено АТ «Укрзалізниця» з 100% контролем акцій державою. Це означає, що нова Українська структура управління залізницею буде схожа на структуру управління Польської залізниці (додаток А.2), але матиме власні відмінності.

1.7. Структура управління Німецької залізничної компанії Deutsche Bahn AG

Німецька залізнична компанія Deutsche Bahn AG є акціонерним товариством. Deutsche Bahn AG поділяється на п'ять частин: перевезення пасажирів у дальньому сполученні; перевезення пасажирів у приміському сполученні; вантажні перевезення; інфраструктура; станції. Ці п'ять акціонерних товариств формують структуру концерну Deutsche Bahn AG, що складається з окремих незалежних один від одного підрозділів, об'єднаних у групи із структурою управління, що наведено у додатку А.3.

Частина акцій компанії підлягає продажу приватним інвесторам, але контрольний пакет акцій зберігається за Deutsche Bahn AG. Це означає, що акціонерне товариство зберігає контроль за дочірніми компаніями. Структура управління Німецької залізниці ділиться на три великі групи: Mobility – відділ пасажирських перевезень, DB Logistics - відділ вантажними перевезеннями та логістики, DB Networks – відділ інфраструктури та сфера послуг.

Зокрема до відділу DB Logistics входить вантажні перевезення та все що допомагає здійснювати ці перевезення, а до відділу DB Networks входять інфраструктура та станції. Робота з приватними компаніями-перевізниками здійснюється на контрактній основі, тобто визначаються конкретні умови надання послуг та їх оцінку у вигляді грошей або преференцій. Deutsche Bahn AG розробляє керівні вказівки для дочірніх компаній та надає інформаційні та консультативні послуги. Взаємодія Deutsche Bahn AG з приватними компаніями-перевізниками здійснюється за принципом конкретна послуга – гроші. Завданням держави залишається регулювання та технічний контроль залізничного сектору, гарантування конкуренції на залізниці, утримання на необхідному рівні колійної інфраструктури через підтримку інноваційних проектів. Ця система управління залізничним транспортом німецької Deutsche Bahn AG має наступні переваги [16, 69]:

- дана структура управління дозволила об'єднати в систему залізничний транспорт, що дозволило подолати існуючі недоліки та забезпечити незалежне і відповідальне керівництво залізничним транспортом;

- вибір правової форми у вигляді акціонерного товариства як найбільш ефективного з управлінської точки зору;

- чіткий поділ державних і комерційних функцій, а саме: відповідальність держави повинна обмежуватися державним сектором, а інше повинно здійснюватися на договірній основі (контракт).

- відбулася лібералізація ринку транспортних послуг, що призвело до зростання конкуренції;

- зменшення федерального фінансування проектів залізничного транспорту.

До недоліків даної системи управління Deutsche Bahn AG залізничним транспортом відноситься:

- складність системи, оскільки існує багато горизонтальних з'єднань та переплетіння п'яти акціонерних товариств в трьох відділах;

- багато законів та високий рівень бюрократизації;

- контроль держави через акції та за контрактною основою більшість перевезень вантажів та пасажирських перевезень у дальньому сполученні.

Отже, структура управління німецької залізничної компанії Deutsche Bahn AG є одна з найефективніших систем управління, незважаючи на складність системи. Дана система управління в повному обсязі не може бути застосованою в Україні через відмінності нормативів, що регламентують діяльність залізниць.

1.8. Аналіз можливості перетворення структури управління залізничним транспортом України з урахуванням компаній-перевізників

Реформування Української залізниці призвело до створення Акціонерного товариства «Укрзалізниця» з 100% володіння акцій державою. Згідно з напрямку реформ [43], існує затверджена цільова структура управління залізничним транспортом України, що наведена у додатку А.4. Також у [72] є існуюча структура управління залізницею України. В цільовій структурі управління залізничним транспортом України є шість регіональних філій та двадцять шість дирекцій. Останні знаходяться в стадії реорганізації.

У структурі АТ Укрзалізниця є наглядова рада, що є колегіальним органом з числа інвесторів організації, які мають наглядово-погоджувальні повноваження, але не мають самостійної управлінської ініціативи. Члени правління приймають всі рішення з питань поточної діяльності АТ Укрзалізниця та керують своєю частиною департаментів та філій, як зображено в додатку А.4.

Як показує світовий досвід [36, 71] для допуску компаній-перевізників в залізничний сектор, держава формує своє бачення взаємодії з компаніями в межах наступних основних напрямків:

- організаційна діяльність – якою мірою виконавчі підрозділи мають бути сформовані за комерційним принципом, включаючи варіант приватної власності;
- ринкова конкуренція – якою мірою послуги із залізничних перевезень повинні бути конкурентоспроможними, наприклад, при конкуренції між різними операторами залізничних перевезень;
- ступінь поділу – якою мірою монолітна структура має бути розукрупнена з відокремленням та децентралізацією деяких її підрозділів.

Тому держава повинна зазначити, яку саме модель взаємодії треба впровадити з компанією-перевізником: це може бути, наприклад, приватно-державне партнерство (партнерство або концесія), прямий контракт, ліцензія.

Прямий контракт – це договір між державою та підприємством на виконання певної послуги або закупівлі з вказаними конкретними строками.

Ліцензія на провадження діяльності фактично є контрактом між регулятором та компанією. Ліцензія встановлює обов'язки, розподіл ризику та процедури виконання. Компанія, що має ліцензію, повинна дотримуватись умов ліцензії та демонструє придатність для експлуатації об'єктів інфраструктури, сучасні підходи до питань безпеки та екології тощо. Даний тип взаємодії розповсюджений на Британських та Польських залізницях. Але ця схема має великий недолік - в більшості випадків зміни можуть бути внесені лише за взаємною згодою сторін, що не завжди зручно.

Приватно-державне партнерство (ПДП) (партнерство або концесія) – це інституційний та організаційний альянс між державою та бізнесом з метою реалізації національних та міжнародних, але завжди суспільно значущих проектів. Прикладом

даної схеми взаємодії з компаніями-перевізниками є Франція. Дана схема може укладатися на термін до 50 років і більше, що добре впливає на стабільну співпрацю. В структуру ПДП, як правило входять: державні органи влади, закупочні органи залізниці, приватні компанії. До приватних компаній відносять компанії, що займаються залізничними проектами в рамках ПДП. ПДП поділяється на партнерство та концесію. Основна відмінність між двома моделями полягає у розподілі ризиків між державою та приватними компаніями, що впливає на схему відшкодування витрат партнерської приватної компанії при будівництві нових залізничних об'єктів.

За моделлю партнерства державна залізнична компанія сплачує орендну плату або плату за експлуатаційну готовність протягом усього терміну дії угоди. У моделі концесії приватний інвестор отримує з операторів залізниць оплату за доступ до інфраструктури, в тому числі з державних компаній. Збори за доступ до інфраструктури компенсують експлуатаційні витрати лінії, а також забезпечують окупність приватних інвестицій.

1.9. Аналіз наукових підходів до розрахунку та оптимізації технологічних параметрів систем доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками

Одним із кроків України для вступу до Європейського Союзу (ЄС) є реформування залізничного транспорту [35]. Як показує досвід реформ залізничної галузі Європейського Союзу, розвиток бізнесу та конкуренції на залізничному транспорті підвищує рівень ВВП країни, збільшує кількість робочих місць та зменшує субсидування державою залізничної галузі [71]. У реформуванні залізничної галузі ЄС використовує безліч директив, які спрямовані на удосконалення роботи залізничного транспорту. Особлива увага приділяється двом директивам – 91/440/ЄЕС [73] та 95/19/ЄС [74], які є початковими документами для допущення на ринок перевезень компаній-перевізників та впровадження конкуренції в залізничній галузі [35].

Директива 91/440/ЄЕС спрямована на полегшення адаптації залізниць ЄС та потенційних учасників європейської співдружності до вимог єдиного ринку перевезень і підвищення ефективності роботи залізниці шляхом:

- забезпечення незалежності управління залізничними підприємствами;
- відокремлення управління залізницею та інфраструктурою від надання залізничних транспортних послуг;
- удосконалення фінансової структури підприємств;
- забезпечення доступу до мереж держав ЄС залізничних підприємств, які займаються міжнародними комбінованими перевезенням товарів;
- забезпечення вільного доступу до інфраструктури будь-яким компаніям-перевізникам.

Директива 95/19/ЄС спрямована на розподіл пропускної спроможності залізничної інфраструктури і стягнення плати за користування інфраструктурою.

Для компаній-перевізників на основі впровадження вимог директив країн ЄС усувається дискримінація при розподілі інфраструктури та створюються прозорі умови для державної підтримки [28, 75].

Впровадження в Україні вантажних залізничних компаній-перевізників означає дотримання європейського тренду на демонополізацію залізничних перевезень, що призводить до створення ринкового механізму ціноутворення за принципами відповідності попиту та пропозиції. Це є передумовою для підвищення рівня якості послуг на залізничному транспорті, а також стимулює використання екологічних технологій перевезень.

Виходячи з вищезазначеного, економічний розвиток залізничної галузі потребує комплексного підходу, а саме:

- перегляду та удосконалення тарифної політики щодо доступу до залізничної інфраструктури АТ Укрзалізниця для перспективних залізничних компаній-перевізників;
- надання недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури іншим учасникам перевезення з кращим рівнем якісних та екологічних показників транспортних послуг.

Ці заходи змінять технологію просування вагонопотоків на основі недискримінаційного доступу до інфраструктури, скоротять питомі експлуатаційні

витрати АТ Укрзалізниця та забезпечать високий рівень прибутку залізничної інфраструктури внаслідок конкуренції на транспортному ринку.

У [76] одним з перших розглянуто непрямі кроки до перегляду тарифної політики АТ Укрзалізниця. Ці кроки є прообразом для розрахунку та оптимізації технологічних параметрів систем доставки вантажів залізничним компаніям-перевізникам. У зазначеній роботі розглядається математична модель визначення оптимальної кількості вагонів у маршруті поїзда. На підставі виконаних розрахунків є можливість визначити також вартість перевезення вантажу на перегоні.

У роботі [60] представлено обґрунтування використання логістичних принципів при розрахунку та оптимізації технологічних параметрів систем доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками.

Теоретичні та прикладні дослідження перспектив розвитку логістичної інфраструктури відображаються в роботах таких закордонних вчених: К. Кльозе, С. Абта, Ф. Пфоля, Я. Вітковського, І. Фехнера та інших. Вони розглядали концепцію створення логістичної інфраструктури та особливості розвитку її об'єктів в ЄС [62, 63, 64, 77].

1.10. Аналіз досліджень в області формування «зелених» логістичних технологій на транспорті

1.10.1. Основні напрямки формування «зелених» логістичних технологій на залізницях України та інших країн

Сучасні виклики та вимоги до транспортного процесу доводять необхідність застосування логістичних технологій на залізниці. Поняття "логістична технологія" виникла у процесі розвитку методів та процедур прийняття рішень у логістиці в стандартні ефективні технологічні процеси. Логістичну технологію можна визначити як стандартну процедуру виконання логістичної функції (або процесу) у логістичній системі, яка підтримується відповідною інформаційно-керуючою системою в межах певної логістичної концепції [60].

Поява «зеленої» логістики як концепції екологічно раціонального проектування та експлуатації логістичних систем відноситься до методології сталого розвитку економіки. За оцінками фахівців на транспорт припадає приблизно 8 % всього вуглецевого забруднення атмосферного повітря на планеті, тому впровадження «зелених» технологій в логістичній діяльності дозволить зробити певні кроки до збереження клімату на планеті.

У [3, 59, 78] систематизовано основні інструменти державного регулювання в сфері декарбонізації транспорту і логістики. Вони спрямовані на скорочення викидів парникових газів в атмосферу, що підвищує практичну значимість концепції «зеленої» логістики і дозволяє сформувати організаційний механізм реалізації принципів сталого розвитку в логістичній діяльності. Розвиток комбінованого та мультимодального транспорту в Україні передбачає створення єдиної системи функціонування транспортної системи, зокрема залізничного та автомобільного, що дозволяє здійснювати транспортні послуги за схемою від «дверей до дверей» і «точно в термін». Як результат, на залізницях України курсують контрейлерні, контейнерні поїзди і маршрутні контейнерні групи, а також поїзди комбінованого транспорту. У зв'язку з цим дослідження та розвиток «зелених» технологій комбінованого та мультимодального транспорту в Україні є актуальними.

У Національній транспортній стратегії [43] передбачаються зокрема наступні заходи [5]:

- збереження автомобільних доріг;
- зменшення кількості великовагових вантажівок (контейнеровозів) на довгих маршрутах протяжністю понад 200 км;
- розвиток перевезень екологічно чистими видами транспорту.

Впровадженням «зеленої» логістики активно займаються у ЄС. Зокрема, австрійська залізниця ÖBB прагне стати нейтральною до клімату до 2030 року, на досягнення чого планують поступово спрямувати 17,5 млрд євро. Одним з головних напрямів стане удосконалення вантажних перевезень оператора ÖBB за рахунок масштабної автоматизації та розвитку мультимодальних технологій.

З метою покращення процесів планування перевезень та при розробці стратегічної інвестиційної політики у транспортній сфері запропоновано галузеві ініціативи обґрунтовувати в рамках ефективної у ЄС концепції «виняток-перемикавання-вдосконалення» [79]. Вона передбачає:

- виключення неефективних вантажних перевезень і операцій, в тому числі порожніх пробігів;
- перемикавання перевезень на більш чисті види транспорту (залізничний і водний), на більш чисте паливо, а також на використання адекватних за розмірами транспортних засобів, вантажів та маршрутів;
- вдосконалення інфраструктури, логістики та операцій вантажних перевезень.

В рамках «зеленої» логістики проведено аналіз наявних і перспективних логістичних каналів збуту на предмет їх впливу на навколишнє середовище, а також в частині організації руху «зворотного» матеріального потоку [80, 81]. В частині розподілу матеріального ресурсу слід передбачити наступні напрямки діяльності: застосування екологічно допустимих пакувальних матеріалів, створення системи повернення пакувальних матеріалів, утилізацію упаковки та товарів, непридатних для використання за призначенням.

Серед міжнародних компаній, що успішно реалізують концепцію «зеленої» логістики, можна виділити наступні [18, 80]:

- Deutsche Bahn Schenker Rail (Німеччина) – реалізує проект Eco Plus і отримує електричне живлення для своїх електровозів з поновлюваних джерел енергії [82];
- Green Cargo Road & Logistics AB (Швеція) – застосовує енергозберігаючі локомотиви [83];
- DHL (Німеччина) – впровадила сервіс GoGreen і веде облік викидів CO₂ при транспортуванні всіх вантажів [84];
- UPS Air Cargo (оператор експрес-доставки, США) – використовує машини виключно з гібридним двигуном [85];
- K-Line (судноплавна компанія, Японія, США) – розробила інноваційну комп'ютерну систему оптимізації роботи двигунів суден на основі моніторингу

погодних та гідрографічних умов, що призводить до зменшення шкідливих викидів в атмосферу на 1 % [86].

Стратегія впровадження «зеленої» логістики є основою Білої книги Європейської Конференції Міністрів Транспорту (ЄКМТ) [87], відповідно до якої ЄС прагне до 2030 р. перевести 30% автомобільних вантажних перевезень з дальністю поїздки понад $L_a=300$ км на інші види транспорту (залізничний або водний), і понад 50% до 2050 р. Можливо очікувати, що це призведе до зменшення конкурентних переваг автомобільного транспорту, суттєво підвищуючи тарифи автомобільних вантажних перевезень. Аналіз показує, що більшість вантажних перевезень з дозволами ЄКМТ набагато перевищують відстань $L_a=300$ км. Перехід до екологічно менш шкідливих видів транспорту, зокрема до термічної енергії, електричної тяги або двигунів на паливних елементах, використання інтелектуальних транспортних систем сприятиме досягненню основної мети [15, 87, 88, 89] - кліматичній нейтральності до 2050 р. в межах «зелених» вантажних коридорів на основі розвитку відповідної інфраструктури [6, 32].

1.10.2. Аналіз наукових досліджень в сфері формування «зелених» логістичних технологій на залізницях

Багаторічні дослідження провідних науковців світу, результати яких були оприлюднені Міжурядовою комісією з питань зміни клімату у своїй доповіді у 2018 році (рисунок 1.4) [88, 90, 91], показали, що у період з 1970 по 2010 роки викиди таких видів транспорту, як автомобільний транспорт, міжнародна авіація, внутрішня авіація, міжнародні та прибережні судноплавства, демонструють стійку тенденцію до зростання [14]. Винятком є залізничний транспорт, який за рахунок значної частки електроенергії, постійно скорочує шкідливі викиди. Тому стратегічним напрямком розвитку «зеленої» логістики при вантажних перевезеннях є зменшення частки автоперевезень на користь більш екологічних залізничних перевезень.

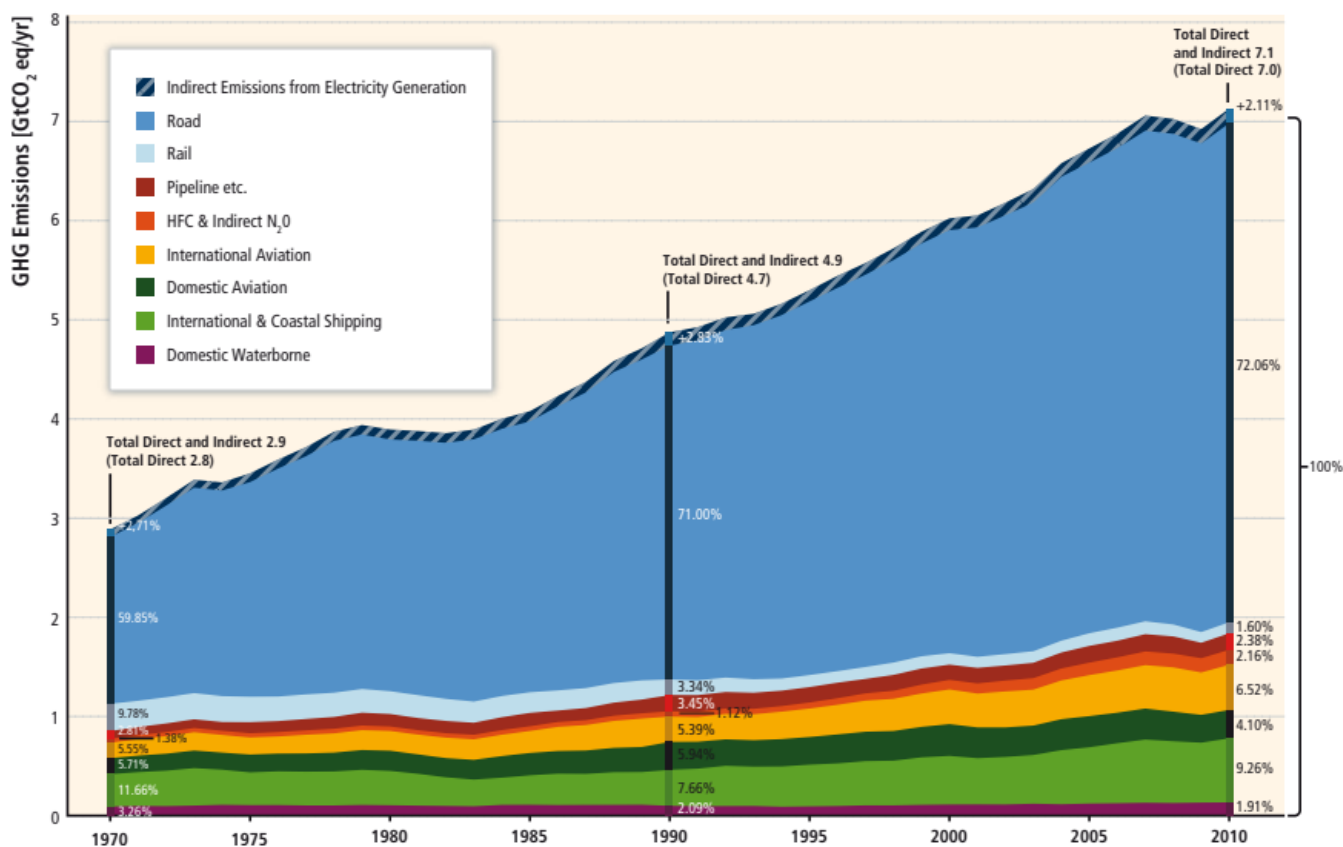


Рисунок 1.4 - Тенденції збільшення шкідливих викидів за видами транспорту [90]

Переважну більшість викидів пересувних джерел забруднення дає автомобільний транспорт, значно менше – виробничий транспорт. Роль залізничного, авіаційного та водного транспорту у забрудненні атмосферного повітря є незначною, що наведено на рисунку 1.5 [2] та на підставі даних [92]. За даними Держстату України викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту у 2018 році становили 1358,4 тис. т, залізничного – 27,6 тис. т, тобто відносне перевищення викидів від автотранспорту у 49 разів [17, 21].

В той же час, викиди в атмосферу діоксиду вуглецю (CO₂) від всіх видів транспорту у тому ж році склали 15948,1 тис. т, у тому числі автотранспортом – близько 14 млн. т, залізницею – 193,3 тис. т. Таким чином, питомий середній для транспортного сектору України рівень викидів CO₂ в атмосферу складає від автотранспорту – $\eta_A = 328,878$ г/ткм, від залізниці – $\eta_3 = 1,037$ г/ткм. Для порівняння – за даними Європейського агентства з навколишнього середовища середні викиди CO₂ вантажівками у 2018 році становили $\eta_{acc} = 158,1$ г/ткм.



Рисунок 1.5 - Розподіл викидів у атмосферу України забруднюючих речовин від пересувних джерел

Розвиток сучасних технологій здійснення міжнародних та внутрішніх перевезень вантажів зараз спрямований на використання контейнерних та контейнерних поїздів відповідно до вітчизняної Національної транспортної стратегії [43], яка містить окремий розділ «Безпечний для суспільства, екологічно більш чистий та енергоефективний транспорт». Закон України «Про мультимодальні перевезення» [93] спрямовано на створення умов для розвитку і вдосконалення мультимодальних перевезень, він визначає правові і організаційні засади мультимодальних перевезень вантажів. Закон за своєю суттю не суперечить міжнародно-правовим зобов'язанням України, однак, потребує певного доопрацювання з максимальним врахуванням положень Директиви 92/106/ЄЕС [94]. Ця директива покликана скоротити автомобільні перевезення завдяки розвитку комбінованих видів з метою покращення екологічних показників вантажних перевезень та зменшення їх негативного впливу на довкілля [17, 61].

Дослідженням проблем раціонального функціонування транспортного комплексу приділяли увагу такі вчені: Бутько Т.В., Воркут А.І., Григорак М.Ю., Данько М.І., Лаврухін О.В., Ломотько Д.В., Мироненко В.К., Огар О.М., Панченко С.В., Смахов А.О., Цветов Ю.М. та ін. В сфері експлуатації залізниць та організації мультимодальних перевезень відомими є праці таких вчених, як Альошинського Є.С., Бакаєва О.О., Дьоміна Ю. В., Palanivelu P., Кулаєва Ю.Ф., Красноштана О.М.,

Нагорного Є.В., Негрея В.Я., Прохорченка А.В., Самсонкіна В.М., Шibaєва О.Г. та ін. Проте аналіз свідчить про те, що недостатньо дослідженими залишаються проблеми функціонування транспортної системи та розвитку мультимодальних перевезень в умовах забезпечення прийняттого рівня екологічних показників, тобто в умовах формування «зелених» логістичних технологій.

Стратегії впровадження «зеленої» логістики за кордоном передбачають зменшення шкідливих викидів з пересувних джерел. Однак зростання попиту на вантажні перевезення тісно пов'язане з економічним зростанням, тому в епоху швидкого глобального економічного розвитку існує сильна кореляція між скороченням викидів двоокису вуглецю та попитом на вантажні перевезення [95]. Низку закордонних досліджень пов'язано із перспективами зменшення викидів CO₂ шляхом зменшення та коригування попиту на транспортування за допомогою таких методів, як оптимізація планування виробничого підприємства [96], раціональне проектування логістичної мережі [97], оптимізація транспортних маршрутів [98], застосування у вантажних перевезеннях дорожнього електричного транспорту [58] та електрифікації залізниць [99].

З іншого боку, наукові дослідження у межах глобальної стратегії змін (Shift strategies), яку спрямовано на зменшення викидів CO₂, зосереджені на аналізі поведінки вантажовідправників у виборі способу доставки. Для обґрунтування вибору вантажовідправником способу перевезення дослідження присвячено передаванню потоку вантажів з автодоріг на залізниці через конкурентоспроможність залізниці та її більш кращі екологічні показники [100].

Транспортну логістику тісно пов'язують із проблемою повернення контейнерів та багато обігової тари до власника. Тому виникає актуальне розуміння ролі реверсивної логістики, як системи запобігання зайвим перевезенням із додатковими викидами у довкілля. У [101] систематизовано й класифіковано види зворотних потоків і потоків повернень товарно-матеріальних цінностей, визначено основні фактори, що впливають на прийняття відповідних управлінських рішень. Виявлені та класифіковані витрати та втрати, що супроводжують реверсивну логістику на мікро-

та макрорівнях [102], а також застосування логістичних підходів в системі поведіння з відходами транспортних підприємств [103, 104].

Таким чином, перспективу «зеленої» логістики в сфері залізничного та інших виді транспорту можна ув'язувати із вимогами міжнародних стандартів ISO та нормативів, які є визнаним інструментом щодо створення ефективної системи екологічного менеджменту в сфері формування «зелених» логістичних технологій на залізницях [31, 32].

1.11. Висновки до першого розділу

1. Аналіз основних показників роботи транспортної галузі показав, що не зважаючи на введення воєнного стану вже у 2023 році в порівнянні з 2022 роком АТ Укрзалізниця поступово адаптується до ситуації у країні та покращує основні показники до рівня довоєнних, що є передумовою появи у майбутньому залізничних компаній-перевізників. Якщо порівнювати 2022 та 2023 роки, то в 2023 році перевезено 148,4 млн т вантажів, що на 1,5% менше, ніж у 2022 році. Це пояснюється тим, що на початку 2022 р. не було активних бойових дій.

2. Аналіз наукових праць вітчизняних та закордонних вчених доводить важливість безперебійного функціонування залізничної галузі. Інтегрування української залізничної інфраструктури до транспортної системи ЄС та гармонізація вітчизняного транспортного законодавства повинні базуватись на використанні накопленого досвіду вчених, що є одним із пріоритетів України у сфері транспорту.

3. Особливим пріоритетом у воєнний та повоєнний періоди стає приведення у відповідність вимогам вантажовласників технології перевезення вантажів залізничним транспортом України. Досягнути цього можливо шляхом формування конкурентного середовища, що, у свою чергу, передбачає створення клієнтоорієнтованих та конкурентоздатних залізничних компаній-перевізників. Вони можуть стати успішними компаніями не тільки в Україні, а й навіть за кордоном за рахунок впровадження нових корисних послуг з транспортування, зокрема із регулюванням вартості перевезення за рахунок вибору вантажовласником швидкості доставки вантажів.

4. Аналіз технологічних систем забезпечення перевезень на АТ Укрзалізниця показав, що всі існуючі системи можуть взаємодіяти з іншими новими програмними застосунками на високому рівні та в синергії, що дозволить компаніям-перевізникам створювати власні програмні продукти, наприклад, для розрахунку вартості доставки вантажу компанією-перевізником.

5. Інтеграція в ЄС потребує реформування всіх галузей в Україні, в тому числі й залізничної. Запропоновано розглянути успішний досвід реформування структури управління та функціонування залізничного транспорту таких країн, як Польща, Німеччина та Франція, оскільки умови їх функціонування певним чином схожі із умовами української залізничної галузі.

6. Аналіз досвіду Французької залізниці (SNCF Réseau) дозволяє виділити ефективну схему взаємодії держави з компаніями-перевізниками в залізничній галузі. При цьому в процесі модернізації інфраструктури компаніями різної форми власності. SNCF Réseau контролює власну залізничну інфраструктуру, що є цікавим досвідом для України, особливо під час воєнного стану.

7. Аналіз досвіду Польської залізничної компанії (PKP SA) показав напрямки збереження клієнтоорієнтованості за рахунок застосування результатів діяльності маркетингових компаній. Вони досліджують залізничний ринок та надають рекомендації щодо покращення рівня обслуговування клієнтури, напрямків розвитку нових ІТ-технологій та способів збереження конкурентоспроможності.

8. Аналіз досвіду Німецької залізниці (Deutsche Bahn AG) показав приклад успішної лібералізації ринку залізничних перевезень, оскільки це призводить до зростання ВВП та кількості робочих місць в країні. Особливу увагу Німецька залізниця приділяє чіткому поділу функцій на договірній основі, що є важливим напрямком в майбутніх реформах вітчизняної залізничної галузі.

9. Аналіз транспортного законодавства країн ЄС показав, що одним із стратегічних напрямків розвитку галузі є створення екологічно чистих технологій. Основні напрямки впровадження «зелених» логістичних технологій на залізницях наступні:

- скорочення частки унімодальних автомобільних перевезень, заміщення їх мультимодальними за участю залізничного, морського і річкового видів транспорту, що дозволяє підвищити екологічність за рахунок скорочення кількості рейсів при забезпеченні доставки «від дверей до дверей»;

- розвиток мультимодальних перевезень вантажів, що спряє впровадженню «зелених» логістичних технологій та реверсивної логістики в процесі поступової відмови від далеких (вище 300 км) вантажних автоперевезень;

- розвиток транспортної системи, будівництво нових залізничних ліній та автодоріг, що дозволить оптимізувати маршрути транспортування із скороченням викидів шкідливих газів;

- зменшення паперового документообігу за рахунок введення його електронного аналогу, зниження тарифів на утилізацію залишків тари та упаковки, розвиток мультимодальних (контейнерних) перевезень, які передбачають мінімізацію упаковки тощо.

10. Аналіз даних Держстату України показав, що викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту більше у 49 разів у порівнянні із залізничним (1358,4 тис. т від автомобільного та 27,6 тис. т від залізничного). Перспективу «зеленої» логістики в сфері залізничного та інших видів транспорту запропоновано ув'язати із вимогами міжнародного стандарту ISO 14001 та інших нормативів, які можливо покласти для формалізації технології перевезень вантажів в умовах створення ефективної системи екологічного менеджменту.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМИ КОМПАНІЯМИ-ПЕРЕВІЗНИКАМИ

2.1. Обґрунтування вибору напрямку досліджень процесу доставки вантажів залізничним транспортом

Як зазначалося в першому розділі сучасний ринок вантажних перевезень потребує створення конкуренції між перевізниками на недискримінаційних засадах. Суттєвий вплив на процес доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками здійснює вільний доступ до інфраструктури АТ Укрзалізниця, ринковий механізм ціноутворення за принципами попиту і пропозиції та правовий механізм діяльності компаній. Виходячи з цього, на залізничному транспорті є необхідність сформувати систему доставки вантажів залізничною компанією-перевізником.

Вирішення зазначеної задачі є можливим із застосуванням системного підходу. Застосування вказаного підходу забезпечить розвиток залізничного сектору та надасть гнучкість та адаптивність в змінних умовах експлуатації.

Загальна методика проведення дисертаційного дослідження наступна.

На першому етапі необхідно удосконалити структуру управління вітчизняними залізницями в умовах конкурентного середовища, визначити необхідний технічний комплекс залізничних станцій філій компанії-перевізника, розробити технологію доставки вантажів компанією-перевізником, сформувати системний підхід до організації доставки вантажів в умовах конкурентного середовища (визначити вхідні впливи на систему, описати початковий стан системи, записати закон її функціонування та обмеження, що в ній діють), розробити модель розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів компанією-перевізником та методи розрахунку витрат вказаної компанії на перевезення вантажів і вартості перевезення вантажу вантажовідправника.

На другому етапі слід сформуванати «зелену» логістичну технологію перевезень на залізничному полігоні, оцінити екологічний критерій за основними маршрутами мультимодальних поїздів при перевезенні TEU різними видами транспорту, сформуванати нечіткий екологічний критерій і модель ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики.

На третьому етапі необхідно сформуванати автоматизовану систему доставки вантажів залізничною компанією-перевізником, визначити та проаналізувати результати розрахунку раціональних технологічних параметрів вказаної системи і постачання вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні на основі «зеленої» логістики, оцінити якість та адекватність результатів моделювання.

Для вирішення завдань, що поставлено у дисертації, доцільним є використання методів статистичного аналізу, теорії систем, розв'язання задач цілочисельного програмування, теорії нечітких множин та кластерного аналізу.

2.2. Удосконалення структури та інфраструктури системи доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками

2.2.1. Формування структури управління вітчизняними залізницями в умовах конкурентного середовища

Процеси удосконалення структури управління та інфраструктури залізничного транспорту ґрунтуються на досвіді підвищення прибутковості та конкурентоспроможності, який мають закордонні залізничні компанії. За цих умов доцільність того чи іншого заходу із удосконалення системи доставки в цілому рекомендується обґрунтовувати комплексним критерієм, що може характеризувати ступінь виконання основних завдань з перевезень та задоволення умов вантажовласників. При цьому необхідно враховувати можливість досягнення загальносистемного ефекту від функціонування окремо пов'язаних підсистем (підрозділи АТ Укрзалізниця, компаній-перевізників, вантажовласників тощо) як єдиної системи.

Системний підхід до обґрунтування процесу розвитку залізничного транспорту передбачає розробку динамічної моделі окремих підсистем та транспортних одиниць у складі єдиної організаційної та інфраструктурної системи. Це дає змогу розглядати таку структуру як велику транспортну систему, що характеризується новими ознаками та характеристиками, а окремі компанії-оператори набувають статусу елементів системи. Таким чином, сучасні умови вимагають формалізації процесу функціонування великої динамічної системи залізничного транспорту з позиції системного підходу, спрямованого на оптимізацію синергетичного ефекту для всіх підсистем. Для забезпечення привабливості того чи іншого перевізника на ринку залізничних транспортних послуг слід врахувати витрати на забезпечення доставки вантажу та наявність обмежених ресурсів (транспортних засобів, пропускної здатності, кількості вантажів, наявність персоналу тощо) [20].

Для удосконалення організаційної структури Української залізниці з урахуванням наявності компанії-перевізника необхідно звернутися до наукових досліджень в цій області [71] та досвіду держав, які провели успішні реформи в цьому напрямку, такі як Франція (компанія SNCF Réseau), Польща (компанія Polskie Koleje Państwowe SA (PKP)) та Німеччина (компанія Deutsche Bahn AG) [65, 66, 67].

Досвід SNCF Réseau показує, що моделі «партнерства» або «концесії» можуть бути варіантом взаємодії Української залізниці з компаніями-перевізниками. При цьому зберігається контроль над інфраструктурою та виникає конкуренція, що є передумовою для зниження тарифів.

Досвід польської РКР показав можливість ефективного державного управління транспортною інфраструктурою із наявністю компаній-перевізників у сфері вантажних перевезень, що дуже близько до процесів, які відбуваються на АТ Укрзалізниця зараз.

Структура управління німецької Deutsche Bahn AG є одна з найефективніших систем управління, але складною системою. Цю систему управління в повному обсязі не може бути застосовано в Україні через відмінність нормативів, що регламентують діяльність залізниці.

З урахуванням вітчизняної специфіки та закордонного досвіду було зроблено припущення щодо удосконалення структури управління залізничним транспортом України із наявністю державних компаній-перевізників, що наведено на рисунку А.5. Пропонується додати до існуючої структури наступні підрозділи:

- вантажну компанію-перевізника;
- пасажирську компанію-перевізника внутрішнього перевезення;
- пасажирську компанію-перевізника міждержавного сполучення;
- інфраструктурну компанію;
- маркетингове агентство;
- компанію, що займається ІТ-технологіями.

Вантажна компанія-перевізник потрібна для росту конкуренції між державною компанією та приватними компаніями-перевізниками, що призведе до зменшення тарифів на перевезення, підвищення якості обслуговування клієнтів і швидкості доставки вантажу, прискорення обігу вагонів, стимулювання оновлення рухомого складу.

Вантажні компанії приватної форми власності повинні мати ліцензію для можливості самостійного укладання договорів на перевезення вантажу, що є загальноприйнятною практикою в ЄС. Держава повинна надати дозвіл на діяльність таких компаній-перевізників і можливість мати в своєму розпорядженні вагони.

Пасажирські компанії-перевізники (внутрішнього перевезення, міждержавного сполучення) в системі управління на залізничному транспорті схожі на вантажну. Їх наявність в першу чергу зменшить надання коштів від перехресного субсидування за рахунок вантажних перевезень, але для цього держава повинна дозволити діяльність приватних компаній-перевізників на основі ліцензування.

Інфраструктурна державна компанія працює з ліцензованими вантажними та пасажирськими компаніями-перевізниками різних форм власності та надає наступні послуги:

- доступ до інфраструктури залізниці на недискримінаційних засадах та за адекватну плату шляхом покупки нитки графіку;
- оренда малодіяльних залізничних станцій;

- доступ до інфраструктури приватної тяги.

Дані зміни дозволять ліцензованим компаніям-перевізникам отримати доступ до інфраструктури АТ Укрзалізниця та прибуток від перевезення вантажів.

Інший варіант співпраці – це умова концесії, яка передбачає частковий контроль з боку компанії-перевізника та отримання прибутку від залізничних ліній або малодіяльних станцій. Цей варіант може бути ефективно застосований при переході інфраструктури з колії 1520 до 1435 мм, оскільки передбачає залучення коштів з ЄС та різних приватних осіб.

Маркетингове агентство проводить опитування клієнтів залізниці, допомагає виводити нову послугу на ринок, займається брендингом тощо. Вона корисна тим, що займається зв'язком з клієнтами вантажних перевезень або пасажирями для визначення потреб цих груп, щоб сформулювати рекомендації з покращення рівня послуг.

Компанія, що займається ІТ-технологіями – це компанія, яка розробляє автоматизовані системи, системи підтримки прийняття рішень (СППР), застосунки тощо. Схема взаємодії із Української залізницею – контракт.

Удосконалену структуру управління АТ Укрзалізниця наведено на рисунку А.5. Структурні підрозділи, що виділено помаранчевим кольором, пропонується додати до структури управління АТ Укрзалізниця на основі досвіду Польської, Французької та Німецької залізниць, структурний підрозділ, що виділено зеленим кольором, – на основі досвіду Французької залізниці, структурний підрозділ, що виділено жовтим кольором, – на основі [71].

Таким чином, під системою доставки вантажів залізничним транспортом для Українських залізниць будемо розуміти множину елементів (підрозділи АТ Укрзалізниця, компанії-перевізники із філіями, транспортну інфраструктуру зі станціями, терміналами, портами, пунктами перетину кордонів та іншими елементами, враховуючі інформаційну підсистему), які знаходяться у функціональних зв'язках між собою, мають певні обмеження на власні технічні та технологічні можливості і утворюють єдину цілісність з метою досягнення синергетичного ефекту.

2.2.2. Інфраструктура та рухомий склад залізничної компанії-перевізника

На підставі аналізу процесу функціонування залізничної компанії-перевізника необхідно визначити технічний комплекс станцій її філій. Враховуючи відносно невеликі добові обсяги з формування-розформування составів поїздів за добу, для виконання всіх технологічних операцій на кожній філії достатньо побудувати однопаркову залізничну станцію. За попередньою оцінкою кількість колій у парку повинна складати шість, три з яких слід спеціалізувати для приймання-відправлення поїздів та виконання операцій з формування-розформування составів, решту – для відстою власних вагонів. Крім того, для можливості виконання маневрових операцій необхідно спорудити маневрову витяжку. Для виконання цих операцій за необхідності може також використовуватись колія, що з'єднує станцію філії компанії-перевізника зі станцією або магістральною лінією ДП Укрзалізниця. Маневрову витяжку і з'єднувальну колію доцільно проектувати по різні боки від станційного парку.

На станціях філій компанії-перевізника необхідно також спорудити пристрої для безвідчепного ремонту вагонів, пункти технічного обслуговування составів, бази технічного обслуговування колій, пристроїв сигналізації, централізації і блокування, енергопостачання і контактної мережі, службово-технічні будівлі та пристрої матеріально-технічного забезпечення.

Запропонований технічний комплекс станцій філій компанії-перевізника є умовним і розроблений з метою оцінки капіталовкладень у будівництво. Для розрахунку вартості будівництва залізничної станції використано дані, що наведені у [105]. Оцінку капіталовкладень у будівництво представлено у додатку Б.

За попередньою оцінкою для освоєння обсягів перевезення вантажів, що плануються, компанія-перевізник повинна придбати 18 критих вагонів, 8 цистерн, 22 напіввагони, 12 зерновозів та 10 платформ з розрахунку на одну залізничну станцію. Розрахунок капіталовкладень у вагони виконано за цінами літа 2023 року.

Враховуючі достатньо велику вартість поїзних і маневрових локомотивів та значні капіталовкладення у спорудження локомотивного господарства

(екіпірувальних пристроїв і ремонтної бази), доцільним є отримання цих локомотивів в довгострокове користування у лізингових компаніях. При цьому передбачається, що вказана компанія буде виконувати технічне обслуговування, ремонт і екіпірування локомотивів та забезпечувати компанію-перевізника поїзними бригадами. Дана практика широко використовується в країнах Європейського Союзу. Витрати на довгострокове користування поїзними і маневровими локомотивами слід врахувати при розрахунках вартості за перевезення вантажу.

2.3. Технологія доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками

Для формування технології доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками треба визначити їх організаційну структуру та виконати її опис.

В основу інформаційно-керуючої складової технології доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками покладено «зведену таблицю готовності», приклад якої наведено у додатку В. Під готовністю тут і далі згідно ДСТУ 2862-94 [117] розуміється оперативна готовність, тобто ймовірність того, що за винятком тих запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта (замовлення на перевезення) за призначенням не передбачене, він у довільний момент часу виявиться у працездатному стані і надалі виконуватиме потрібну функцію протягом заданого інтервалу часу, тобто замовлення на перевезення може бути виконано протягом певного часу.

2.3.1. Організаційна структура компанії-перевізника

На основі джерел [76, 77, 106] запропоновано організаційну структуру компанії-перевізника, яку наведено у додатку Г. Дана організаційна структура є вертикально інтегрованою та умовною для кожної філії уявного полігону. Також дана структура показує мінімальну кількість працівників на філії компанії-перевізника і є схожою зі структурою, що діє на станціях АТ Укрзалізниця.

Однією з основних посад компанії-перевізника є посада диспетчера-логіста. Це особа, яка визначає состави поїздів, розробляє графік їх руху, формує вартість

перевезення вантажів на основі «зведеної таблиці готовності» (приклад таблиці наведено у додатку В) з використанням спеціальної системи підтримки прийняття рішень (СППР-ДЛ), здійснює загальний контроль за просуванням поїздів тощо. Інформація в «зведену таблицю готовності» вноситься операторами станцій філій [107, 114]. Диспетчер-логіст знаходиться в головному офісі залізничної компанії-перевізника. Інші працівники філії за своїми функціями схожі до аналогічних посад працівників АТ Укрзалізниця.

Формування системи доставки вантажів з наявністю компанії-перевізника та мережі її філій, як єдиної системи, дає можливість отримати загальносистемний ефект за рахунок динамічного розподілу вантажопотоків та рухомого складу між філіями. Це дасть можливість скоротити експлуатаційні та амортизаційні витрати.

Обґрунтування місць розташування філій запропоновано виконати за допомогою методу кластерного аналізу. Останній є набором методів для створення груп об'єктів (кластерів) таким чином, щоб параметри об'єктів у межах одного кластера були подібними, а параметри об'єктів у різних кластерах мали чіткі відмінності. У дослідженні може бути використано два методи: метод ієрархічної кластеризації і метод К-центрів.

Метод ієрархічної кластеризації представляє собою метод дослідження груп у множині даних, у яких одночасно досліджуються групи різних рівнів з метою створення кластерного дерева. Дерево наочно представляє собою багаторівневу ієрархію, де кластери одного рівня об'єднані таким самим чином, як і кластери вищих рівнів. Бінарне дерево будується із пар об'єктів, які за властивостями є безпосередньо близькими один до одного. Для цього потрібно підрахувати умовні відстані у кожній парі об'єктів з набору даних [113].

Результатом застосування цих підходів є матриця відстаней (матриця відмінностей). Для розрахунку матриці відстаней можливо використати метод Євклідових відстаней, метод стандартизованих Євклідових відстаней, метод метрики «Міських кварталів», метод метрики Мінковського тощо.

Для матриці $X (m \times n)$, яку можна розглядати як m векторів $x_1, x_2 \dots x_m$, що представлені рядками $1 \dots n$, відстані між векторами можна визначити як Евклідові відстані.

$$D_{rs}^2 = (x_r - x_s)(x_r - x_s)', \quad (2.1)$$

де x_r, x_s - вектори координат двох точок множини даних.

Стандартизовані Евклідові відстані

$$D_{rs}^2 = (x_r - x_s)D^{-1}(x_r - x_s)', \quad (2.2)$$

де D – це діагональна матриця з діагональними елементами v_j^2 , що представляють зміну X_j на множині об'єктів m .

Метрика “Міські квартали” [116]

$$d_{rs} = \sum_{j=1}^n |x_{rj} - x_{sj}|. \quad (2.3)$$

Метрика Мінковського

$$d_{rs} = \left\{ \sum_{j=1}^n |x_{rj} - x_{sj}|^p \right\}^{\frac{1}{p}}. \quad (2.4)$$

Якщо $p=1$, тоді метрика Мінковського еквівалентна метриці “Міських кварталів”, а якщо $p=2$, метрика Мінковського еквівалентна Евклідовій відстані.

Метод К-центрів - це метод, який розділяє дані на взаємовиключні кластери. На відміну від метода ієрархічної кластеризації він розділяє дані на кластери одного рівня, що робить його ефективним для кластеризації великої кількості даних. Кожен об'єкт кластера визначається параметрами приналежності і центроїдом.

Центроїд кластера – це точка, до якої сума відстаней від всіх об'єктів кластера є мінімальною. Координати центроїдів також залежать від обраного методу

розрахунку відстаней, виходячи з мінімізації суми відстаней. Сутність методу – мінімізація сумарної міжкластерної варіації (або квадратичної функції похибки), тобто

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} |x_j - \mu_i|^2, \quad (2.5)$$

де k - кількість кластерів,

S_i - підмножина даних i^{20} кластера,

μ_i - центроїд для даних $x_j \in S_i$.

Метод К-центрів має властивість сходиться дуже швидко. Тому, як було показано в [113], для обґрунтування створення мережі філій компанії-перевізника запропоновано використовувати метод К-центрів та метод ієрархічної кластеризації, оскільки ці методи дають результат із задовільною похибкою.

2.3.2. Технологія роботи залізничної компанії-перевізника

Розглянемо загальну роботу залізничної компанії-перевізника на основі аналізу експертних думок та досвіду [71].

Оператор станції філії компанії-перевізника обробляє заявку клієнта та вносить до робочої таблиці такі дані: станцію відправлення, станцію призначення, бажану дату відправлення вантажу, назву вантажу та орієнтовану його вагу, якими засобами і де буде відбуватися навантаження, швидкість доставки вантажу. В обробку заявки включається визначення типу і кількості вагонів, терміну і орієнтованої вартості доставки вантажу, які розраховуються за допомогою спеціалізованої програми. Після визначення орієнтованих дати відправлення, терміну і вартості доставки вантажу оператор надає вантажовідправнику цю інформацію і у разі його згоди домовляється з ним про день та час навантаження вагонів. Після цього оператор вносить до «зведеної таблиці готовності» дату та час готовності вагонів до відправлення, найменування станції відправлення, найменування станції призначення, кількість вагонів та швидкість доставки вантажу. Час з моменту отримання заявки на

перевезення до моменту відправлення вагонів з вантажем вантажовідправника зі станції відправлення приблизно складає 4-6 діб.

Дані у «зведеній таблиці готовності» оновлюються автоматично. На початку робочої зміни диспетчер-логіст фіксує стан готовності вагонів до відправлення та обробляє дані з використанням СППР-ДЛ. Результатом обробки є план перевезень вантажів на шосту добу, відраховуючи від поточної доби. На підставі розрахованого плану диспетчер-логіст формує інформацію щодо розкладу руху вантажних поїздів і остаточної вартості перевезення вантажів та доводить її до операторів залізничних станцій філії компанії-перевізника, які у свою чергу надають вказану інформацію вантажовідправникам.

Оператор станції при плануванні та організації роботи філії керується розробленими графіками виконання технологічних операцій на станціях відправлення і призначення та пунктах навантаження-вивантаження і графіками виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзду зі зміною маси (причепленням, відчепленням, причепленням-відчепленням груп вагонів). Вказані графіки наведено у додатку Д та сформовано на основі [71, 108, 109, 110].

Інформацію стосовно продажу ниток графіка наведено в [71, 112].

Слід зазначити, що на маршруті прямування поїзда можливо будуть його зупинки для виконання технічного та комерційного огляду вагонів та зміни локомотива і/або локомотивної бригади. В цьому випадку обробка поїздів на станціях буде здійснюватися за традиційною технологією.

2.3.3. Швидкості та терміни доставки вантажів залізничною компанією-перевізником

Як зазначалося вище, вантажовідправник може вибрати швидкість доставки вантажу. З урахуванням можливостей компанії-перевізника та [71, 111] запропоновано наступну градацію швидкостей доставки:

- найвища швидкість перевезення;
- висока швидкість перевезення;
- середня швидкість перевезення;

- низька швидкість перевезення;
- найнижча швидкість перевезення.

Найвища швидкість перевезення вантажу означає, що перевезення буде виконуватися без зупинок для причеплення груп вагонів (вартість доставки вантажу вантажовідправника найбільша), висока швидкість перевезення вантажу – з однією зупинкою для причеплення груп вагонів, середня швидкість перевезення вантажу – з двома зупинками для причеплення груп вагонів, низька швидкість перевезення вантажу – з трьома зупинками для причеплення груп вагонів, найнижча швидкість перевезення вантажу – з чотирьома і більше зупинками для причеплення груп вагонів (вартість доставки вантажу вантажовідправника найменша).

Виходячи з цієї градації, впливає, що чим більше груп вагонів різних вантажовідправників в одному поїзді, тим дешевше для кожного з них буде вартість доставки їх вантажу. При цьому передбачається пропорційний розподіл між вантажовідправниками загальної вартості доставки вантажів.

Покупка нитки графіку є найдорожчою складовою при перевезенні вантажів, що більш детально розглянуто нижче.

Як було зазначено вище, остаточний термін доставки вантажу обчислюється диспетчером-логістом за допомогою СППР-ДЛ.

При русі поїзда без зупинок відстань та добова норма відправки розраховується за оптимальним маршрутом. При русі поїзда з зупинками відстань визначається диспетчером-логістом. В цьому випадку добова норма відправки визначатиметься в залежності від заданої відстані.

Компенсація витрат компанії-перевізника на маневрову роботу на проміжних станціях по маршруту прямування поїзду (причеплення, відчеплення або причеплення-відчеплення груп вагонів) покладається на вантажовідправника.

Термін доставки вантажу незалежно від швидкості збільшується:

- у разі переадресування вантажу – в залежності від відстані;
- у разі перевезення вантажів за участю поромної переправи – на дві доби;
- у разі перевантаження вантажу у вагони іншої ширини колії та виконання митних операцій – на дві доби;

- у разі виконання митних операцій – на одну добу або на час виконання даних операцій;
- у разі тимчасових перерв в перевезенні, не з вини компанії-перевізника – на час до закінчення перерви у перевезенні;
- у раз ветеринарного огляду та напування тварин – на час виконання зазначених операцій;
- у разі вивантаження зайвої маси, виправлення навантаження або упаковки, а також на перевантаження, які трапилися з вини відправника – на час виконання зазначених операцій;
- у разі виявлення інших затримок, які трапились з вини відправника чи одержувача – на час виконання зазначених операцій.

Якщо вантаж має негабаритність або є небезпечним, то компанія-перевізник за погодженням та з дозволу АТ Укрзалізниця може прийняти вантаж до перевезення. Швидкість перераховується в залежності від швидкості руху поїзда з таким вантажем. Для запобігання нештатних ситуацій рекомендується даний вантаж перевозити напряму від станції навантаження до станції призначення з урахуванням додаткових витрат, які пов'язані з перевезенням даних вантажів.

Вантаж вважається доставленим вчасно, якщо він прибув на станцію призначення та подані вагони на вантажний район або під'їзну колію. За 4 години до прибуття вантажу філія повідомляє вантажоотримувача та вантажовідправника про прибуття поїзда на станцію призначення. У разі затримки подачі вагонів (контейнерів) під вивантаження внаслідок зайнятості вантажного фронту або з інших причин, що залежать від одержувача, вантаж вважається доставленим вчасно, якщо він прибув на станцію призначення до закінчення встановленого терміну доставки.

2.4. Формування системного підходу до організації доставки вантажів в умовах конкретного середовища

При формуванні системного підходу до визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища в першу чергу необхідно визначитися з переліком основних факторів, що

впливають на величину витрат вказаної системи наростаючим підсумком за певний розрахунковий період. До основних факторів відносяться наступні [11]:

- обсяг потрібних компанії-перевізнику матеріалів та запасних частин;
- обсяг витраченої електроенергії на власні потреби компанії-перевізника;
- обсяг пристроїв компанії-перевізника, що утримуються;
- кількість працівників компанії-перевізника за кожною посадою;
- кількість заявок на перевезення вантажів;
- інтервал часу між моментами надходження заявок;
- обсяг вказаного у заявках вантажу;
- заявлена швидкість доставки вантажів;
- робочий парк вагонів, поїзних і маневрових локомотивів компанії-перевізника;
- обсяг маневрової роботи на філіях компанії-перевізника;
- вартість ниток графіку;
- оцінка значення екологічного критерію.

Залізничний транспорт здійснює негативний вплив на людей та довкілля у вигляді небезпечних та шкідливих факторів. З урахуванням глобальних тенденцій сформовано екологічний критерій V_m , який запропоновано враховувати при перевезенні вантажів залізничним та іншими видами транспорту. Загальновідома практика полягає в тому, що значення екологічного критерію при перевезенні вантажів розраховують як вартісну величину шкоди від негативного впливу двоокису вуглецю та інших шкідливих речовин на атмосферне повітря. Але його використання у такому вигляді для уні- та мультимодального перевезення не дозволяє у повній мірі оцінити ефективність технологічних варіантів, оскільки необхідно використати узагальнену оцінку змін основних показників доставки декількома видами транспорту на кінцевий результат. Тому нижче запропоновано удосконалений екологічний критерій V_m (розділ 3).

Оскільки вантажі можуть бути доставлені з філії відправлення до філії призначення різними маршрутами, існує множина маршрутів доставки вантажів для кожного окремо взятого поїзда. Введений до системи порядковий номер маршруту

доставки вантажів j -им поїздом у момент часу t ($I_{Дj}(t)$) можна розглядати як керований вхідний вплив на дану систему. При цьому $j \in J$, де J – множина поїздів, що знаходяться у процесі доставки вантажів залізничною компанією-перевізником у момент часу t .

До квазікерованого вхідного впливу можна віднести передбачену кількість зупинок j -го поїзду у момент часу t на маршруті його прямування для причеплення груп вагонів ($q_{\text{прич.}j}(t)$). Це пов'язано з тим, що, з одного боку, вказаний параметр нормується в залежності від заявленої вантажовідправником швидкості доставки вантажів, а з іншого боку, кількість зупинок може бути обґрунтовано змінена диспетчером-логістом (з точки зору економічної доцільності).

Некерованим вхідним впливом на систему доставки вантажів залізничною компанією-перевізником є інтенсивність вхідного потоку заявок у момент часу t ($\lambda(t)$).

Стан вказаної системи у момент часу t можна записати у наступному вигляді [7]:

$$Q(t) = F^o \left(t, Q_o, Z(t), P(t), I_{Дj}(t), q_{\text{прич.}j}(t), \lambda(t) \right), \quad (2.6)$$

де F^o – оператор стану системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником;

Q_o – початковий стан системи;

$Z(t)$ – характеристики системи, що залежать від вхідних впливів на систему;

$P(t)$ – множина параметрів керування, що можуть змінюватись у процесі функціонування системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником та забезпечувати підвищення її якості.

Початковим станом системи є наступні параметри [7]: кількість філій ($n_{\text{філ}}$), корисна довжина приймально-відправних колій філій ($L_{\text{філ}}$), площа філій ($S_{\text{філ}}$), площа службових приміщень ($S_{\text{пр}}$), висота службових приміщень ($h_{\text{пр}}$), вартість службових приміщень ($C_{\text{пр}}$), тип рейок (P), кількість колій у станційних парках філій

$(n_{\text{кол}})$, кількість комплектів стрілок $(n_{\text{стр}})$, вартість комплектів стрілок $(C_{\text{стр}})$, корисна довжина інших станційних колій філій $(L_{\text{ін}})$, кількість інших станційних колій $(n_{\text{інш}})$, кількість світлофорів $(n_{\text{св}})$, вартість світлофорів $(C_{\text{св}})$, вартість впровадження програмного забезпечення $(C_{\text{прог}})$, кількість напіввагонів $(q_{\text{пв}})$, кількість зерновозів $(q_{\text{зер}})$, кількість платформ (контейнерів) $(q_{\text{пл}})$, кількість цистерн $(q_{\text{цс}})$, кількість критих вагонів $(q_{\text{кр}})$, кількість поїзних $(L_{\text{п}})$ і маневрових локомотивів $(L_{\text{м}})$ у розпорядженні компанії-перевізника, вартість оренди поїзного локомотива $(C_{\text{опл}})$, вартість маневрового локомотива $(C_{\text{м}})$, вартість напіввагону $(C_{\text{пв}})$, вартість зерновозу $(C_{\text{зер}})$, вартість платформи $(C_{\text{пл}})$, вартість цистерни $(C_{\text{цс}})$, вартість критого вагону $(C_{\text{кр}})$, відстань між залізничними станціями філій та навантажувально-розвантажувальними пункта-ми в межах залізничних вузлів $(S_{\text{ЗС-НРП}})$, відстань між залізничними станціями сусідніх філій $(S_{\text{ЗС}}^{\text{СФ}})$, відстань між навантажувально-розвантажувальними пунктами в межах залізничних вузлів $(S_{\text{НРП-НРП}})$, питомі витрати на 1 годину роботи маневрового тепловоза вантажного руху $(E_{\text{рм}}^{\text{T}})$, питомі витрати на 1 тепловозо-кілометр вантажного руху $(E_{\text{е-г}}^{\text{T}})$, питомі витрати на 1 тепловозо-кілометр одиночного слідування у вантажному русі $(E_{\text{одс}}^{\text{T}})$, питомі витрати на 1 поїздо-годину простою на станції при тепловозній тязі у вантажному русі $(E_{\text{пс}}^{\text{T}})$, питомі витрати на 1 поїздо-годину простою на перегоні при тепловозній тязі у вантажному русі $(E_{\text{пп}}^{\text{T}})$, питомі витрати на використання 1 кілометра інфраструктури на перегоні протягом години у вантажному русі $(E_{\text{н}})$, питомі витрати на 1 поїздо-годину у русі при електровозній тязі у вантажному русі $(E_{\text{пт}}^{\text{е}})$, питомі витрати на 1 годину простою вагона у складі вантажного поїзда при електровозній тязі $(E_{\text{ст}}^{\text{в}})$, питомі витрати на 1 годину роботи маневрового електровоза вантажного руху $(E_{\text{рм}}^{\text{е}})$, середня довжина перегону, що займає один поїзд, з урахуванням дистанції між поїздами (l) , швидкість маневрового локомотиву $(V_{\text{лок}})$, вартість 1 кВт електроенергії $(C_{\text{ел}})$, сумарна потужність приладів в приміщенні філії $(W_{\text{пр}})$, потужність електропривода $(W_{\text{ец}})$, потужність маневрових світлофорів $(W_{\text{св}})$, середньомісячний рівень потужності для обігріву приміщення $(B_{\text{ст}}^{\text{оп}})$, кількість керівників філіалу $(n_{\text{кф}})$,

кількість диспетчерів-логістів (n_d), кількість чергових станційного парку філіалу ($n_{чсп}$), кількість операторів (n_o), кількість складачів поїздів ($n_{сп}$), кількість машиністів маневрового локомотива ($n_{ммл}$), кількість робітників технічного огляду вагонів ($n_{то}$), кількість робітників комерційного огляду вагонів ($n_{ко}$), посадовий оклад керівника філіалу ($Z_{кф}$), посадовий оклад диспетчера-логіста (Z_d), посадовий оклад чергового станційного парку філіалу ($Z_{чсп}$), посадовий оклад оператора (Z_o), посадовий оклад складача поїздів ($Z_{сп}$), посадовий оклад машиніста маневрового локомотива ($Z_{ммл}$), посадовий оклад працівника технічного огляду вагонів ($Z_{то}$), посадовий оклад робітника комерційного огляду ($Z_{ко}$), тарифна відстань між філією відправлення до філії призначення ($S_{тв}$), вартість нитки графіку (H), технологічний час на виконання операції причеплення або відчеплення ($T_{пр-від}$), вартість вагоно-кілометру при виконанні перевезення компанії-перевізника (e_B^{Π}), вартість вагоно-кілометру при виконанні перевезення АТ Укрзалізниця (e_B^{y3}), шкода від забруднення атмосфери (B_a), шкода від забруднення водних ресурсів (B_b), шкода від забруднення та деградації земель (B_3), шкода від розміщення шкідливих речовин на навколишній території ($B_{нт}$), шкода для фауни ($B_{фа}$), шкода для флори ($B_{фл}$).

Характеристиками системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником, що залежать від вхідних впливів $I_{dj}(t)$, $q_{прич,j}(t)$ і $\lambda(t)$, є частка вагонів (контейнерів), що задіяні в процесі перевезення вантажів ($\alpha(t)$), та завантаження маневрових локомотивів ($\beta(t)$) у момент часу t . До параметру керування можна віднести передбачену тривалість простою j -го поїзду у момент часу t на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут його прямування, в очікуванні причеплення груп вагонів ($T_{прj}(t)$).

Вказаний параметр нормується диспетчером-логістом при складанні плану перевезення вантажів.

Виходом системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником є наступний функціонал перетворення множини параметрів [7]:

$$Y(t) = (q(t), m(t), \Pi(t)), \quad (2.7)$$

де $q(t)$ – сумарна кількість відправлених вагонів;

$m(t)$ – сумарна маса відправлених вантажів, тис. т;

$\Pi(t)$ – сумарна кількість відправлених поїздів.

Значення вихідних параметрів $Y(t)$ залежать від вхідних впливів $I_{Д_j}(t)$, $q_{прив. j}(t)$ і $\lambda(t)$, характеристик системи $Z(t)$ і параметру керування $P(t)$. Отже, закон функціонування системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником, виходячи із системного підходу [118], буде мати наступний вигляд [7]:

$$Y(t) = G^o \left(t, Q_o, Z(t), P(t), I_{Д_j}(t), q_{прив. j}(t), \lambda(t), S(t) \right), \quad (2.8)$$

або

$$Y(t) = G^o \left(t, Q_o, \alpha(t), \beta(t), T_{пр. j}(t), I_{Д_j}(t), q_{прив. j}(t), \lambda(t), S(t) \right), \quad (2.9)$$

де G^o – оператор виходу;

$S(t)$ – вектор структурної перебудови;

$Q_o = (n_{ф\acute{и}л}, L_{ф\acute{и}л}, S_{ф\acute{и}л}, S_{пр}, h_{пр}, C_{пр}, P, n_{кол}, n_{стр}, C_{стр}, L_{ін}, n_{інш}, n_{св}, C_{св}, C_{прог}, q_{пв}, q_{зер}, q_{пл}, q_{цс}, q_{кр}, L_{п}, L_{м}, C_{опл}, C_{м}, C_{пв}, C_{зер}, C_{пл}, C_{цс}, C_{кр}, S_{ЗС-НПП}, S_{ЗС}^{C\Phi}, S_{НПП-НПП}, E_{рм}^T, E_{e-г}^T, E_{одс}^T, E_{пс}^T, E_{пп}^T, E_{н}, E_{пг}^e, E_{ст}^e, E_{рм}^e, l, V_{лок}, C_{ел}, W_{пр}, W_{ец}, T_{ец}, W_{св}, T_{св}, B_{ст}^{оп}, n_{кф}, n_{д}, n_{чсп}, n_{о}, n_{сп}, n_{ммл}, n_{то}, n_{ко}, Z_{кф}, Z_{д}, Z_{чсп}, Z_{о}, Z_{сп}, Z_{ммл}, Z_{то}, Z_{ко}, S_{тв}, H, T_{пр-від}, e_{в}^{\Pi}, e_{в}^{y3}, B_a, B_b, B_z, B_{нт}, B_{фа}, B_{фл}).$

Структурною перебудовою системи може бути:

- побудова нових виробничих будівель;
- збільшення штату працівників;
- збільшення робочого парку вагонів;
- збільшення кількості станційних колій на філіях;
- впровадження нової системи управління стрілками та сигналами;
- оновлення парку маневрових локомотивів.

Структурна перебудова може відбутися в наслідок:

- зміни організації роботи філій;
- зміни обсягів роботи філій;
- зміни тарифних ставок працівників філій;
- зміни вартості обслуговування станційних пристроїв філій, вагонів і локомотивів;
- зміни показників питомих витрат;
- необхідності збільшення пропускної спроможності залізничних станцій філій;
- необхідності будівництва нових філій;
- закінчення терміну експлуатації вагонів і локомотивів;
- зміни витрат за екологічним критерієм;
- зміни умов ринку перевезень;
- впровадження нового законодавства країни, щодо роботи приватних залізничних компаній.

Структурну перебудову системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником можна здійснювати з періодичністю один раз на рік.

Обмеження до закону функціонування системи (2.9) визначено наступним чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \leq I_{Д_j}(t) \leq I_{Д_j}^{\max}; \\ 0 \leq q_{прич,j}(t) \leq q_{прич,j}^{\max}; \\ 0 \leq \lambda(t) \leq \lambda_{\max}; \\ 0 \leq \alpha(t) \leq 1; \\ 0 \leq \beta(t) \leq 1; \\ T_{np}^{\min} \leq T_{np_j}(t) \leq T_{np}^{\max}, \text{ при } q_{прич,j}(t) \geq 1; \\ M_j(t) \leq M_j^{\max}; \\ L_j(t) \leq L_j^{\max}, \end{array} \right. \quad (2.10)$$

де $I_{Д_j}^{\max}$ – максимальна кількість маршрутів доставки вантажів j -им поїздом;

$q_{прич.j}^{max}$ – максимальна кількість зупинок j -го поїзду на маршруті його прямування для причеплення груп вагонів ($q_{прич.j}^{max}$ залежить від заявленої вантажовідправником швидкості доставки вантажів);

λ_{max} – максимальна інтенсивність вхідного потоку заявок;

$T_{пр}^{min}, T_{пр}^{max}$ – відповідно мінімальна і максимальна тривалість простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут їх прямування, в очікуванні причеплення груп вагонів, год.;

$M_j(t), L_j(t)$ – відповідно маса, т, і довжина, м, j -го поїзду, що знаходиться у процесі доставки вантажів залізничною компанією-перевізником у момент часу t ;

M_j^{max}, L_j^{max} – відповідно максимально можливі маса, т, і довжина, м, j -го поїзду, що знаходиться у процесі доставки вантажів залізничною компанією-перевізником.

Модель розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища, до яких відносяться маршрути доставки вантажів, передбачені кількості зупинок і тривалості простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника, наведено у наступному розділі.

2.5. Розробка багатокритеріальної динамічної моделі розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища

Визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища слід здійснювати шляхом мінімізації її витрат наростаючим підсумком (E) за розрахунковий період t_p

$$E = \int_0^{t_p} E(t, I_{Д_j}(t), q_{прич.j}(t), T_{пр_j}(t)) dt \rightarrow E_{min}. \quad (2.11)$$

Маршрути доставки вантажів, передбачені кількості зупинок і тривалості простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника, що забезпечують мінімальні витрати системи з наростаючим підсумком за заданий розрахунковий період, визначають стратегію її функціонування.

Оскільки E можна також представити як суму добових витрат системи, цільова функція (2.11) може бути записана у наступному вигляді:

$$E = \sum_{b=1}^n E_{\text{доб.}b} (I_{Дjb}, q_{\text{прич.}jb}, T_{\text{пр}jb}) \rightarrow E_{\text{min}} \quad (2.12)$$

де n – число днів протягом розрахункового періоду t_p ;

$E_{\text{доб.}b}$ – витрати системи протягом b -ої доби, тис. грн;

$I_{Дjb}$ – порядковий номер маршруту доставки вантажів j -им поїздом у b -у добу;

$q_{\text{прич.}jb}$ – передбачена кількість зупинок j -го поїзду на маршруті його прямування для причеплення груп вагонів у b -у добу;

$T_{\text{пр}jb}$ – передбачена тривалість простою j -го поїзду на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут його прямування, в очікуванні причеплення груп вагонів у b -у добу.

Виходячи з того, що мінімізація витрат системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища протягом кожної доби забезпечить мінімальні витрати вказаної системи протягом розрахункового періоду, пошук раціональних технологічних параметрів для b -ої доби можна здійснювати з використанням наступної математичної моделі:

$$\begin{aligned}
E_{\text{доб.}b} &= E_{\text{доб.}b} (I_{D_{jb}}, q_{\text{прич.}jb}, T_{\text{пр}jb}) = \\
&= \sigma_T \left[E_{T_b} (I_{D_{jb}}, q_{\text{прич.}jb}, T_{\text{пр}jb}) \right] + \sigma_E \left[\sum_j \hat{B}_{M_{jb}} (I_{D_{jb}}, q_{\text{прич.}jb}) \right] \rightarrow E_{\text{доб.}min} \\
&\left\{ \begin{array}{l} 1 \leq I_{D_{jb}} \leq I_{D_{jb}}^{\max}; \\ 0 \leq q_{\text{прич.}jb} \leq q_{\text{прич.}jb}^{\max}; \\ T_{\text{пр}}^{\min} \leq T_{\text{пр}jb} \leq T_{\text{пр}}^{\max}, \text{ при } q_{\text{прич.}jb} \geq 1; \\ M_{jb} \leq M_{jb}^{\max}; \\ L_{jb} \leq L_{jb}^{\max}; \end{array} \right. \quad (2.13)
\end{aligned}$$

де σ_T, σ_E – вагові коефіцієнти відповідно технологічної та екологічної складових добових витрат системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником;

E_{T_b} – витрати системи на виконання технологічних операцій протягом b -ої доби, тис. грн;

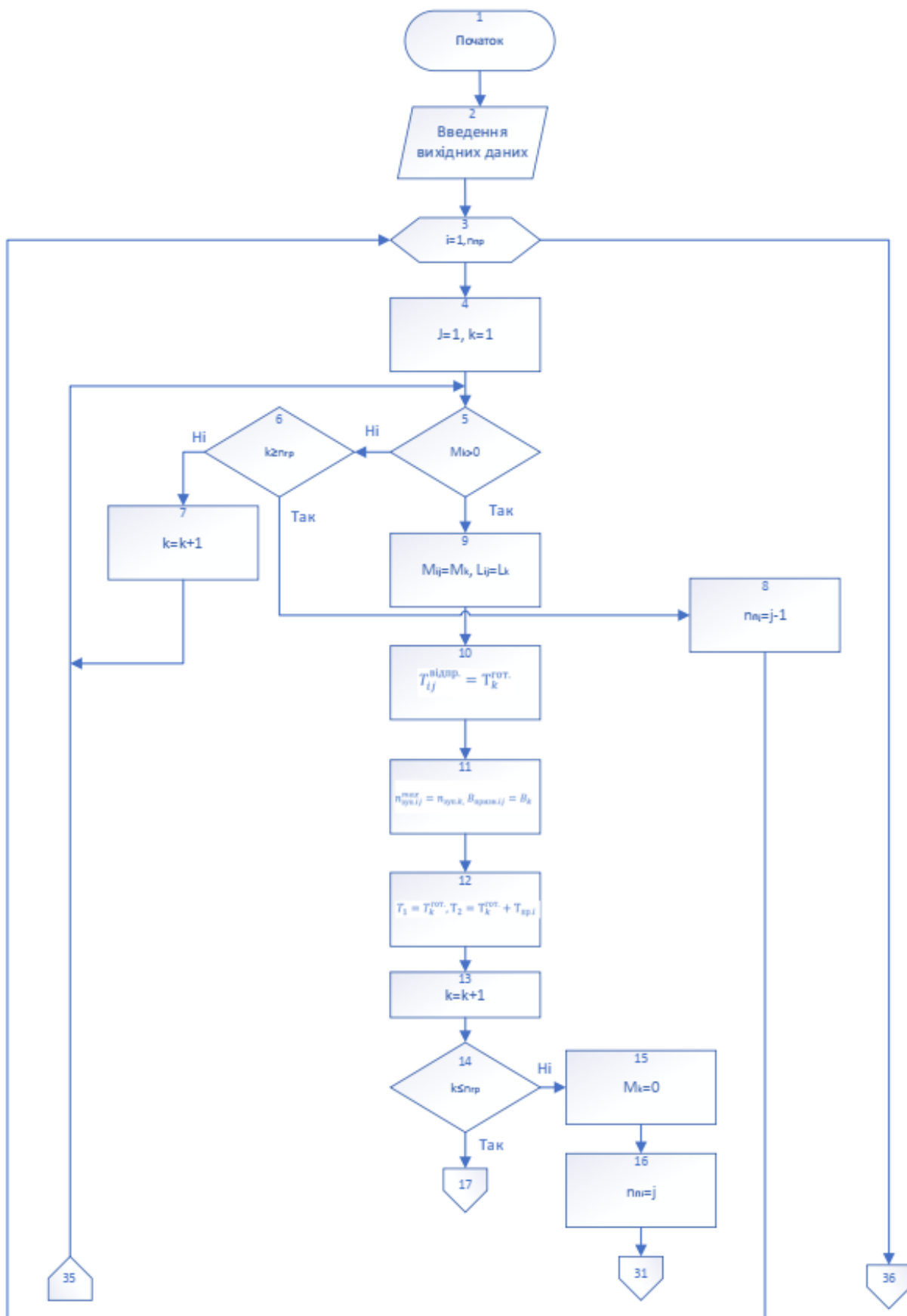
$\hat{B}_{M_{jb}}$ – значення нечіткого екологічного критерію при доставці вантажів j -им поїздом у b -у добу, тис. грн;

$I_{D_{jb}}^{\max}$ – максимальна кількість маршрутів доставки вантажів j -им поїздом у b -у добу;

$q_{\text{прич.}jb}^{\max}$ – максимальна кількість зупинок j -го поїзду на маршруті його прямування для причеплення груп вагонів у b -у добу;

M_{jb}, L_{jb} – відповідно маса, т, і довжина, м, j -го поїзду, що знаходиться у процесі доставки вантажів залізничною компанією-перевізником у b -у добу;

$M_{jb}^{\max}, L_{jb}^{\max}$ – відповідно максимально можливі маса, т, і довжина, м, j -го поїзду, що знаходиться у процесі доставки вантажів залізничною компанією-перевізником у b -у добу.



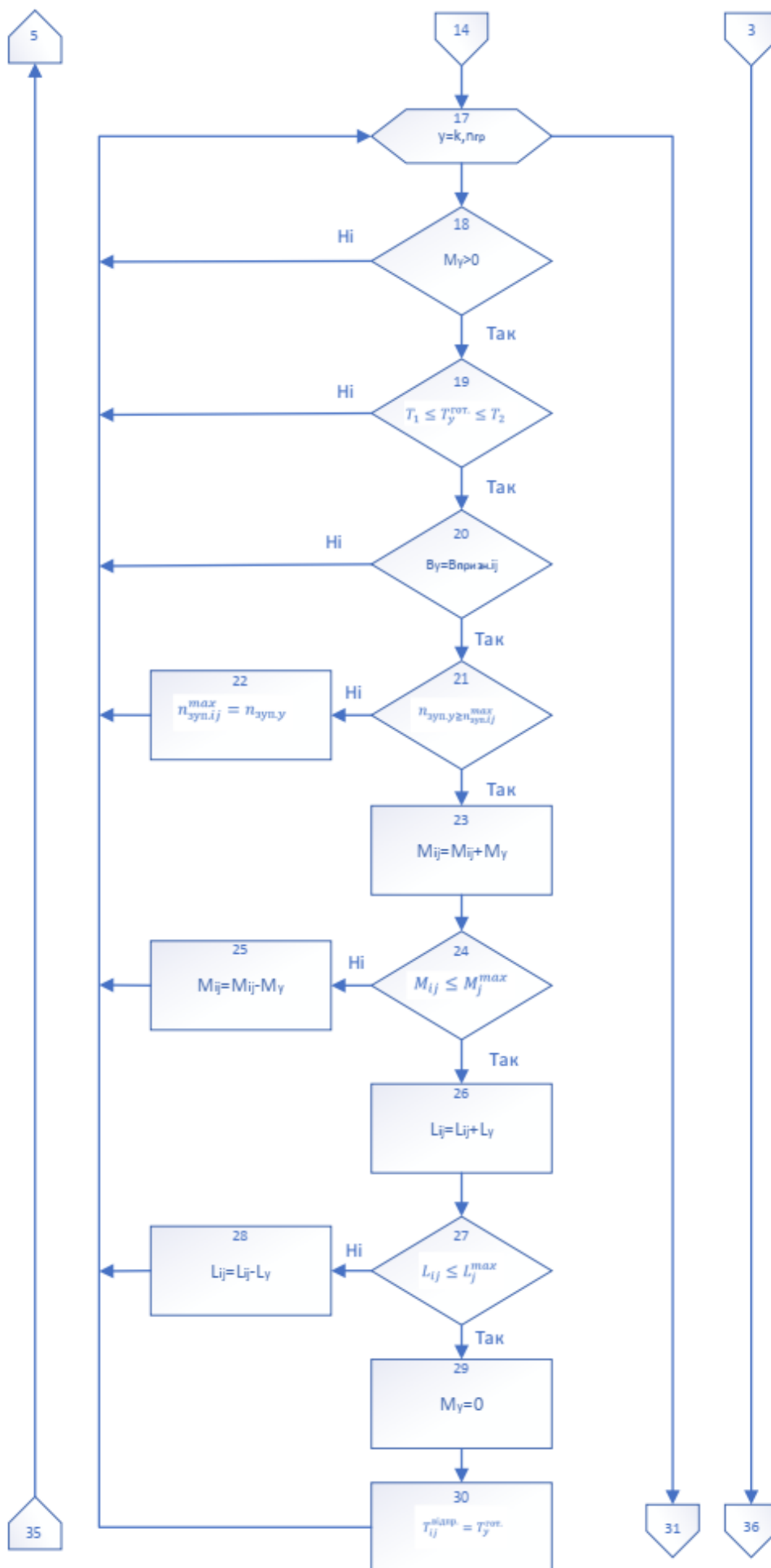




Рисунок 2.1 - Узагальнена процедура розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником

Цільова функція (2.13) з обмеженнями є багатокритеріальною динамічною моделлю розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища [23]. Задача визначення вказаних параметрів є задачею цілочисельного програмування. Оскільки цільову функцію (2.13) в явному вигляді представити дуже складно, для вирішення вказаної задачі пропонується використовувати процедуру розрахунку, узагальнений вигляд якої наведено на рисунку (2.1).

Таблиця 2.1 – Таблиця готовності груп вагонів до перевезення залізничною компанією-перевізником на b -у добу

Час готовності групи вагонів до перевезення ($T^{гот.}$)	Найменування станції відправлення (A)	Найменуванн я станції призначення (B)	Кількість вагонів у групі ($m_{ваг.}$)	Маса групи вагонів, т (M)	Максимальна кількість зупинок групи вагонів ($n_{зуп.}$)
00:30	A5	A25	10	550	1
01:00	A8	A10	15	770	2
01:30	A7	A18	12	630	0
...

Вихідними даними для визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів (блок 2) є параметри початкового стану системи (див. вище) та дані, що наведено у «зведеної таблиці готовності» груп вагонів до перевезення (таблиця 2.1).

У блоці 3 задається цикл для змінної i (від 1 до кількості варіантів тривалості простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут їх прямування ($n_{пр.}$)).

У блоці 4 параметрам j і k присвоюється 1, де j – порядковий номер поїзда у b -у добу, k – порядковий номер групи вагонів у b -у добу.

У блоці 5 здійснюється перевірка маси k -ої групи вагонів. Якщо умова виконується, виконується перехід до блоку 9, інакше параметр k порівнюється з кількістю груп вагонів, готових до відправлення, у b -у добу ($n_{гр.}$) (блок 6). Якщо умова, вказана у блоці 6, виконується, визначається число поїздів у b -у добу при i -у варіанті тривалості простою поїздів на залізничних станціях ($n_{П_i}$) (блок 8) і здійснюється перехід до блоку 3, інакше розглядається наступна група вагонів, готових до відправлення (блок 7).

У блоці 9 масі (M_{ij}) і довжині (L_{ij}) j -го поїзду присвоюються значення відповідно маси (M_k) і довжини (L_k) k -ої групи вагонів. Далі час відправлення j -го поїзду ($T_{ij}^{відпр.}$) прирівнюється часу готовності до перевезення k -ої групи вагонів ($T_k^{гот.}$) (блок 10).

У блоці 10 максимальній кількості зупинок j -го поїзду ($n_{зуп.ij}^{max}$) на маршруті його прямування присвоюється значення максимальної кількості зупинок k -ої групи вагонів ($n_{зуп.ij}$) та визначається призначення цього поїзду ($B_{призн.ij}$) – $B_{призн.ij}$ прирівнюється призначенню k -ої групи вагонів (B_k).

У блоці 12 параметру T_1 присвоюється час готовності до перевезення k -ої групи вагонів, а параметру T_2 – час готовності до перевезення вказаної групи, збільшений на величину i -ої тривалості простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут їх прямування ($T_{пр.i}$).

У блоках 13 і 14 виконуються такі ж операції, як і в блоках 7 і 6 відповідно. Якщо умова, зазначена в блоці 14, виконується, то здійснюється перехід на блок 17, інакше маса k -ої групи вагонів прирівнюється 0 (блок 15), визначається $n_{П_i}$ (блок 16) і робиться перехід блок 31.

У блоці 17 задається цикл для змінної y (від k до кількості груп вагонів, готових до відправлення). У блоках 18, 19 і 20 перевіряються маса (M_y), час готовності ($T_y^{гот.}$) і призначення (B_y) y -ої групи вагонів. Якщо умови виконуються, здійснюється перехід до блоків 19, 20 і 21 відповідно, інакше робиться перехід до блоку 17.

У блоці 21 порівнюються максимальна кількість зупинок y -ої групи вагонів ($n_{зуп,y}$) і $n_{зуп,ij}^{max}$. Якщо умова виконується, то маса состава збільшується на величину маси y -ої групи вагонів (M_y) (блок 23), інакше параметру $n_{зуп,ij}^{max}$ присвоюється значення $n_{зуп,y}$ і робиться перехід на блок 17.

У блоці 24 розрахована маса состава порівнюється з максимально можливим значенням маси состава поїзда (M_j^{max}). Якщо умова виконується, то довжина состава збільшується на величину довжини y -ої групи вагонів (L_y) (блок 26), інакше масі состава повертається попереднє значення (блок 25) і робиться перехід на блок 17.

У блоці 27 розрахована довжина состава порівнюється з максимально можливим значенням довжини состава поїзда (L_j^{max}). Якщо умова виконується, y -а група вагонів включається в состав j -го поїзду, і для того, щоб вона не враховувалася в подальших розрахунках, обнулюється її маса (блок 29). Якщо умова не виконується, довжині состава повертається попереднє значення (блок 28) і робиться перехід на блок 17.

У блоці 30 час відправлення j -го поїзду порівнюється часу готовності до перевезення y -ої групи вагонів (T_y^{com}), після чого робиться перехід на блок 17.

У блоці 31 задається цикл для змінної z .

У блоці 32 визначається кількість зупинок j -го поїзду на маршруті його прямування для причеплення груп вагонів.

У блоці 33 задається цикл для змінної u (від 1 до кількості маршрутів доставки вантажів j -им поїздом ($N_{\delta_{ijz}}$)).

У блоці 34 визначаються витрати залізничної компанії-перевізника на перевезення вантажів ($E_{П_{ijzu}}$) і вартість їх перевезення j -им поїздом ($C_{П_{ijzu}}$).

Витрати залізничної компанії-перевізника на перевезення вантажів j -им поїздом при будь-яких i, z, u визначаються за формулою

$$E_{П_j} = (e_1 + e_2) \cdot (n_{ст.відпр,j} + n_{прич,j}) + e_3 \cdot S_j + e_4 \cdot (n_{відч,j} + n_{прич,j}) + e_5 \cdot n_{прійн,j} \quad (2.14)$$

де e_1 – витрати залізничної компанії-перевізника, що не залежать від обсягів руху та припадають на один відправлений вантажний вагон (з урахуванням екологічних податків або компенсації за забруднення навколишнього середовища), грн/ваг.;

e_2 – витрати на внутрішньовузлові переміщення та маневрову роботу на станції відправлення компанії-перевізника і навантажувально-розвантажувальних пунктах, що припадають на один відправлений вантажний вагон, грн/ваг.;

e_3 – витрати на рух вантажного поїзду і використання інфраструктури, що припадають на один кілометр перегону, грн/км;

e_4 – витрати на причеплення і/або відчеплення груп вагонів на залізничних станціях компанії-перевізника, через які проходить маршрут прямування поїзда, що припадають на один відправлений вантажний вагон, грн/ваг.;

e_5 – витрати на внутрішньовузлові переміщення та маневрову роботу на станції призначення компанії-перевізника і навантажувально-розвантажувальних пунктах, що припадають на один прийнятий вантажний вагон, грн/ваг.;

$n_{ст.відпр.j}$ – число вагонів, що включено в состав j -го поїзда на станції відправлення компанії-перевізника;

$n_{прич.j}$ – число вагонів, що причеплено до составу j -го поїзда на станціях компанії-перевізника, через які проходить маршрут його прямування;

S_j – відстань від станції відправлення до станції призначення компанії-перевізника для j -го поїзда, км;

$n_{відч.j}$ – число вагонів, що відчеплено від составу j -го поїзда на станціях компанії-перевізника, через які проходить маршрут його прямування;

$n_{прийн.j}$ – число вагонів в составі j -го поїзда, що прийнято на станцію призначення компанії-перевізника.

Оскільки $n_{прийн.j} = n_{ст.відпр.j} + n_{прич.j}$, формулу (2.14) можна записати в наступному вигляді:

$$E_{\Pi_j} = (e_1 + e_2 + e_5) \cdot (n_{см.відпр.j} + n_{пруч.j}) + e_3 \cdot S_{T_j} + e_4 \cdot (n_{відч.j} + n_{пруч.j}). \quad (2.15)$$

Вартість перевезення вантажів j -им поїздом при будь-яких i, z, u визначається за формулою

$$C_{\Pi_j} = r \cdot E_{\Pi_j}, \quad (2.16)$$

де r – коефіцієнт збільшення вартості перевезення вантажів для компенсації капітальних вкладень залізничної компанії-перевізника, екологічних податків (компенсації за забруднення навколишнього середовища) і отримання прибутку від надання транспортних послуг, рівень якого може бути обґрунтовано рівнем обліковою депозитною ставкою банку. Таким чином, прибуток закладається у розмірі $r \in [5 \dots 15] \%$ від загальних витрат компанії-перевізника на перевезення вантажів вантажовідправників у j -у поїзді з урахуванням порожнього пробігу вагонів.

Вартість перевезення вантажів p -го вантажовідправника у j -у поїзді, де $p \in P, P$ – множина вантажовідправників, вантажі яких перевозяться j -им поїздом, розраховується за формулою

$$C_{\Pi_{pj}}^{BB} = r \cdot \left(n_{ваг.pj}^{BB} \left(e_1 + e_2 + e_4 \cdot \sum_{v=2}^{n_{\Delta j}} \left(\Theta(\Delta n_{1pvj}^{BB}) + \Theta(\Delta n_{2pvj}^{BB}) \right) + e_5 \right) + e_3 \cdot \sum_{v=1}^{n_{\Delta j}} \frac{S_{3C_{vj}}^{C\Phi} \cdot \Theta(n_{ваг.pvj}^{BB})}{\sum_{k=1}^{n_{BBj}} \Theta(n_{ваг.kvj}^{BB})} \right), \quad (2.17)$$

де $n_{ваг.pj}^{BB}$ – кількість вагонів, в яких перевозиться вантаж p -го вантажовідправника у j -у поїзді;

$n_{\Delta j}$ – кількість ділянок, що обмежені залізничними станціями сусідніх філій, по маршруту прямування j -го поїзда;

Δn_{1pvj}^{BB} – різниця кількості вагонів, в яких перевозиться вантаж p -го вантажовідправника на v -ій дільниці ($n_{\text{ваг.}pvj}^{BB}$) і дільниці $(v-1)$ ($n_{\text{ваг.}p(v-1)j}^{BB}$) у j -у поїзді (причеплення),

$$\Delta n_{1pvj}^{BB} = n_{\text{ваг.}pvj}^{BB} - n_{\text{ваг.}p(v-1)j}^{BB}; \quad (2.18)$$

Δn_{2pvj}^{BB} – різниця кількості вагонів, в яких перевозиться вантаж p -го вантажовідправника на дільниці $(v-1)$ і v -ій дільниці у j -у поїзді (відчеплення),

$$\Delta n_{2pvj}^{BB} = n_{\text{ваг.}p(v-1)j}^{BB} - n_{\text{ваг.}pvj}^{BB}; \quad (2.19)$$

$S_{3Cvj}^{C\Phi}$ – довжина v -ої дільниці по маршруту прямування j -го поїзда, км;

n_{BBj} – кількість вантажовідправників, вантажі яких перевозяться у j -у поїзді;

$n_{\text{ваг.}kvj}^{BB}$ – кількість вагонів, в яких перевозиться вантаж k -го вантажовідправника на v -ій дільниці у j -у поїзді;

$\Theta(\Delta n_{1pvj}^{BB})$, $\Theta(\Delta n_{2pvj}^{BB})$, $\Theta(n_{\text{ваг.}pvj}^{BB})$, $\Theta(n_{\text{ваг.}kvj}^{BB})$ – функції Гевісайда

$$\begin{aligned} \Theta(\Delta n_{1pvj}^{BB}) &= \begin{cases} 1, & \Delta n_{1pvj}^{BB} > 0 \\ 0, & \Delta n_{1pvj}^{BB} \leq 0, \end{cases} \\ \Theta(\Delta n_{2pvj}^{BB}) &= \begin{cases} 1, & \Delta n_{2pvj}^{BB} > 0 \\ 0, & \Delta n_{2pvj}^{BB} \leq 0, \end{cases} \\ \Theta(n_{\text{ваг.}pvj}^{BB}) &= \begin{cases} 1, & n_{\text{ваг.}pvj}^{BB} > 0 \\ 0, & n_{\text{ваг.}pvj}^{BB} \leq 0, \end{cases} \\ \Theta(n_{\text{ваг.}kvj}^{BB}) &= \begin{cases} 1, & n_{\text{ваг.}kvj}^{BB} > 0 \\ 0, & n_{\text{ваг.}kvj}^{BB} \leq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (2.20)$$

У блоці 35 збільшується порядковий номер поїзда.

У блоці 36 оброблюються результати розрахунків і визначаються раціональні технологічні параметри системи доставки вантажів.

У блоці 37 задається цикл для змінної j (від 1 до кількості поїздів у b -у добу при раціональних технологічних параметрах системи доставки вантажів ($n_{II}^{рац.}$)).

У блоці 38 виводяться на друк наступні параметри: маса, довжина та час відправлення j -го поїзду; порядковий номер маршруту доставки вантажів j -им поїздом; передбачена кількість зупинок j -го поїзду на маршруті його прямування для причеплення груп вагонів; передбачена тривалість простою j -го поїзду на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут його прямування, в очікуванні причеплення груп вагонів; витрати залізничної компанії-перевізника на перевезення вантажів і вартість їх перевезення j -им поїздом; вартість перевезення вантажів кожного вантажовідправника.

У блоці 39 розраховуються витрати системи протягом b -ої доби та виводяться на друк у блоці 40.

Отже, застосування запропонованої процедури розрахунку дозволяє отримати раціональний план перевезень вантажів на b -у добу. Для пошуку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником (блок 36) пропонується використовувати метод спрямованого перебору варіантів [119].

2.6. Висновки до другого розділу

1. Аналіз досвіду функціонування Польської, Французької та Німецької залізниць довів доцільність створення залізничних компаній-перевізників різних форм власності в Україні. Впровадження вказаних компаній дозволить дотримуватися європейського тренду на демонополізацію залізничних перевезень, що призведе до підвищення рівня якості послуг на залізничному транспорті та створення ринкового механізму ціноутворення. Виходячи з цього, закордонний

досвід є основою та використано для удосконалення структури управління вітчизняними залізницями в умовах конкурентного середовища.

2. Огляд інфраструктури і процесу функціонування закордонних компаній-перевізників дозволив визначити потрібний технічний комплекс залізничних станцій філій вітчизняної компанії-перевізника і технологію її роботи, особливістю якої є організація доставки вантажів на основі розрахованих раціональних добових планів їх перевезень з урахуванням замовленої вантажовідправником швидкості доставки і можливістю відправлення вантажу протягом 4-6 діб. Такий підхід до організації доставки вантажів суттєво підвищить конкуренцію на транспортному ринку, забезпечить вантажовласникам оптимальні умови перевезення, а АТ Укрзалізниця – високий рівень прибутку від надання доступу до інфраструктури.

3. Створення системи доставки вантажів за участю залізничної компанії-перевізника та її філій у вигляді єдиної системи дозволить отримати загальний ефект завдяки динамічному розподілу вантажних потоків та транспортних засобів між філіями. Для обґрунтування раціональних місць розміщення філій запропоновано використовувати метод кластерного аналізу, що сприятиме зменшенню експлуатаційних та амортизаційних витрат.

4. Результатом проведених досліджень є формалізація логістичної системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником. Функціональний опис вказаної системи виконано з урахуванням множини факторів, що впливають на величину витрат компанії-перевізника. Аналіз цих факторів довів, що ключовими параметрами системи, що суттєво впливають на її витрати і, відповідно, вартість перевезення вантажів, є маршрути їх доставки I_d , передбачені кількості зупинок $q_{прив.}$ і тривалість простою поїздів $T_{пр}$ на залізничних станціях філій компанії-перевізника в очікуванні причеплення груп вагонів. Представлену систему можливо удосконалити шляхом урахування додаткових впливів, обмежень і факторів, що впливають на витрати перевізника.

5. Реалізація розробленої багатокритеріальної динамічної моделі розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах

конкурентного середовища дозволить зменшити вартість доставки вантажів C_{II} окремих вантажовідправників і мінімізувати витрати компанії-перевізника наростаючим підсумком E за розрахунковий період t_p . Гнучкість формування вартості доставки вантажів покращить конкурентне середовище на ринку вантажних залізничних перевезень.

Багатокритеріальна динамічна модель забезпечує визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів (маршрутів доставки I_d , кількостей зупинок для причеплення груп вагонів $q_{прич.}$ і тривалості простою поїздів $T_{пр}$ на залізничних станціях філій компанії-перевізника) на кожну добу розрахункового періоду t_p , що дасть змогу створити ефективну технологію функціонування залізничної компанії-перевізника.

6. За умови створення в Україні законодавчої бази щодо доступу до залізничної інфраструктури АТ Укрзалізниця приватних перевізників впровадження запропонованої системи дозволить підвищити конкуренцію на транспортному ринку, що позитивно вплине на якість і надійність перевезень та економіку країни.

Використання системного підходу до організації доставки вантажів залізничною компанією-перевізником можна розглядати як наукове підґрунтя для подальших досліджень в цій області.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ ВАНТАЖІВ НА ОСНОВІ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЦЬ

3.1 Формування «зеленої» логістичної технології перевезень на залізничному полігоні та її оптимізація

3.1.1 Створення передумов формування системи управління залізничним перевезеннями з урахуванням вимог «зеленої» логістики

Розвиток залізничного транспорту є передумовою стабільності у всіх видах виробництва, постачання товарів, створення комфортних умов для населення. Реалізація ефективних логістичних технологій у транспортному процесі можлива тільки з урахуванням обмежуючих факторів, які безпосередньо впливають на процес формування та управління залізничною інфраструктурою та перевезеннями. Необхідність перегляду підходів до виконання логістичних функцій в умовах зростання пріоритету захисту навколишнього середовища та підвищення соціальної відповідальності перевізника визначає один із стратегічних напрямків трансформації вітчизняної логістики.

За оцінками фахівців [80], на транспорт припадає 8 % усіх викидів двоокису вуглецю на планеті, на складські приміщення – ще 3 %. У зв'язку з цим широке впровадження «зелених» технологій в логістичній діяльності дозволить зробити істотний внесок в збереження клімату на планеті, придатного для життєдіяльності людини.

Напрямок «зелена» логістика з'явився на початку 90-х років минулого століття на основі підходу, який має назву «екологічно раціональне проектування». Останній, в свою чергу, відноситься до концепції сталого розвитку економіки. Синонімом терміну «зелена» логістика фахівці називають екологічну логістику [1, 80].

З іншого боку, впровадження «зеленої» логістики безпосередньо пов'язано із інтеграційними процесами до транспортної мережі ЄС, розвитком технології міжнародних та внутрішніх перевезень вантажів шляхом використання

мультимодальних (контейнерних та контрейлерних) перевезень. Інтенсифікація мультимодальних перевезень в Україні здійснюється відповідно напрямків Стратегії АТ Укрзалізниця [42, 43] та орієнтується на збільшенні частки залізничного транспорту в перевезеннях.

Якщо головна функція традиційної логістики – це оптимальне управління та координування всіма видами логістичних потоків з метою задоволення потреб клієнтів з мінімальними витратами, то «зелена» логістика приділяє велику увагу зовнішнім витратам, пов'язаним зі змінами клімату, забрудненням повітря, води і ґрунту, впливу шуму з метою досягнення стійкого балансу між показниками економіки, навколишнім середовищем та вимогам суспільства. Контейнерні та контрейлерні перевезення у порівнянні із традиційними способами доставки на теперішній час є найбільш розповсюдженими технологіями, що сприяють розвитку «зеленої» логістики.

3.1.2 Формування системи управління залізничним перевезеннями з урахуванням вимог «зеленої» логістики на прикладі мультимодальних перевезень

Залізничний транспорт України на даному етапі перебуває на стадії серйозних випробувань на стійкість зі збереження своїх позицій в загальній транспортній мережі. Формуванню умов, що склалися, сприяла конкуренція серед основних видів вантажного транспорту – залізничного, автомобільного та водного. Кожен із зазначених видів транспорту має свої переваги, розвиваючи і зміцнюючи які вони тим самим забезпечують собі стійкість на ринку транспортних послуг, що наведено у додатку Е.

Аналізуючи наведені переваги трьох видів транспорту можна відзначити, що жоден з них не є універсальним. Кожен вид транспорту тільки за певних характеристик відправки є рентабельним та екологічним. Для залізничного і водного транспорту рентабельними є масові відправки на далекі відстані. Автомобільний транспорт вигідно використовувати для перевезення невеликих партій вантажу на відносно невеликі відстані, але його екологічні показники викликають певні питання.

Контейнерні та контрейлерні перевезення, у порівнянні із традиційними способами доставки, на теперішній час є найбільш розповсюдженими технологіями, що сприяють розвитку «зеленої» логістики. Крім того, саме контейнерні перевезення забезпечують рівні умови для різних видів транспорту з точки технології їх транспортування. Тому у подальшому будемо розглядати саме перевезення вантажів у контейнерах.

У [81] зазначено, що контрейлерні перевезення є поєднанням переваг прямої доставки вантажу «від дверей до дверей» автомобільним транспортом з низькою собівартістю перевезення залізницями на основній частині маршруту. При цьому додаткові втрати, пов'язані з низьким рівнем комерційного завантаження вантажного поїзда при перевезенні транспортних одиниць, компенсуються швидкістю і простотою виконання вантажних операцій, а також скороченням негативного впливу системи доставки на довкілля.

До ефективних заходів, які дозволяють розвивати і зміцнювати контейнерні та контрейлерні перевезення в Україні, запропоновано віднести [24]:

- прийняття законодавчих актів про мультимодальні перевезення та комбінований транспорт, що стане передумовою створення вітчизняної нормативної бази, гармонізованої з нормативною базою ЄС та інших країн-партнерів;
- подальший розвиток мережі логістичних центрів в частині оновлення спеціалізованого рухомого складу з поліпшеними швидкісними характеристиками, які забезпечують маршрутну швидкість 1000 км за добу;
- розмежування вантажного та пасажирського руху на особливо завантажених залізничних напрямках;
- сезонне застосування мультимодальних технологій доставки на напрямках зі складними дорожніми умовами або в умовах залізничних станцій з невеликими обсягами роботи («малодіяльні» станції);
- введення спеціальних екологічних тарифів та фінансово-економічна підтримка з боку держави;
- створення міжнародної групи провідних фахівців і вчених для координації розробок в галузі нової техніки і технологій для комбінованих перевезень.

Одним із способів розвитку та покращення технології виконання міжнародних перевезень вантажів з урахуванням екологічних вимог є використання контрейлерних поїздів. Контрейлерні перевезення є видом комбінованих перевезень, в яких як вантажні одиниці використовуються автопоїзди (тягачі з напівпричепами, автомобілі з причепами), напівпричепи, знімні кузови (додаток Е).

У спільному документі ЄЕК ООН, ЄКМТ і ЄС «Термінологія комбінованих перевезень» [120] зазначено, що мультимодальне перевезення – це «перевезення вантажів двома або більше видами транспорту», інтермодальне перевезення означає «перевезення вантажів двома або більше видами транспорту в одній і тій же вантажній одиниці або автотранспортному засобі без перевантаження самого вантажу при зміні виду транспорту», комбіноване перевезення – «інтермодальне перевезення, в рамках якого більша частина рейсу припадає на залізничний, внутрішній водний або морський транспорт і будь-який початковий і/або кінцевий відрізок шляху, на якому використовується автомобільний транспорт, є максимально коротким». Таким чином, головною ознакою інтермодальності є відсутність перевантажувальних операцій на шляху прямування, тобто перевезення вантажу без його перевантаження в іншу вантажну одиницю [22]. Стислий аналіз особливостей способів організації перевезення вантажів наведено у додатку Е.

Таким чином, в мультимодальних перевезеннях поєднуються наступні переваги контейнерних перевезень та автомобільного і залізничного видів транспорту [9, 19, 42]:

- поєднання переваг двох домінуючих видів транспорту – маневреності, оперативності та швидкості автомобільного транспорту і великої продуктивності та безпеки залізничного, зниження ймовірності ДТП [11];
- підвищення рівня екологічності та зниження забруднення навколишнього середовища;
- можливість використання технології енергооптимальних ниток графіку руху при організації відправлення поїздів, що зменшує кількість шкідливих викидів;
- зменшення витрат автомобільного палива та пробігу (економія ресурсів);

- збереження автомобільних доріг та скорочення кількості автомобільного рухомого складу, завантаженого понад норму;
- скорочення часу простою автопоїздів на прикордонних автомобільних переходах, і, як наслідок, зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище;
- консолідація вантажних партій в каналах руху товару за рахунок синергії різних екологічних видів транспорту.

3.1.3 Характеристика полігону дослідження та технології транспортування із застосуванням елементів «зеленої» логістики на прикладі мультимодальних перевезень компанії-перевізника

До масштабної агресії 2022 р. територією України курсувало 11 контейнерних та контрейлерних поїздів, стисла характеристика маршрутів деяких з них наведена на рисунку 3.1 (дані АТ Укрзалізниця). Перевезення контейнерів у складі контейнерних поїздів становлять близько 40 % від загального обсягу перевезених контейнерів по території країни.

Застосування контрейлерних перевезень вимагає уніфікації техніки і технологій. Однак, при здійсненні одноразових вкладень з'являється можливість одночасної обробки на логістичних терміналах та перевезення на поїздах всіх типів інтермодальних одиниць – контейнерів, змінних кузовів та інших транспортних одиниць [22, 78, 121] з мінімальним часом на виконання вантажних операцій, що позитивно впливає на рівень забруднення довкілля.

Схема організації звичайного (унімодального) та мультимодального перевезення вантажу наведено на рисунку 3.2 [19]. При унімодальному перевезенні вважається, що всю маршрутну відстань прямування $L_{пр}$ реалізовано одним видом транспорту [1, 26].

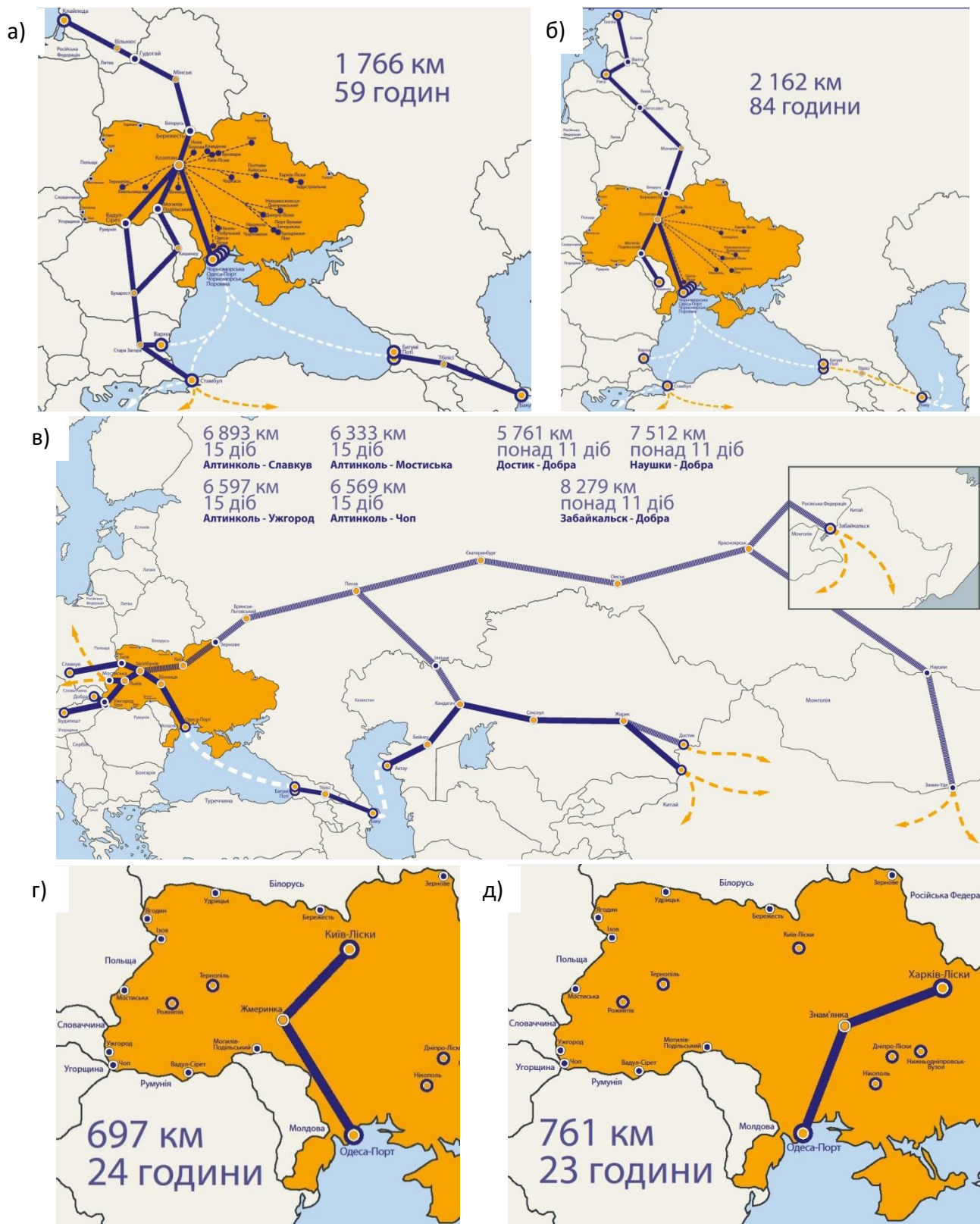


Рисунок 3.1 - Стисла характеристика деяких маршрутів вітчизняних мультимодальних поїздів:

а – «Вікінг»; б – «ZUBR»; в – Країни ЄС – Китай; г – «Хрещатик»; д – Одеса – Харків

При мультимодальному перевезенні маршрутна відстань складається з початкової ділянки за участю автотранспорту L_{a1} , основного перевезення $L_{3(M)}$ залізницею (водним транспортом) та кінцевої ділянки доставки автотранспортом L_{a2} . На терміналах реалізовано взаємодію видів транспорту, здійснюється перевантаження вантажної одиниці (контейнера) та виконується маневрова робота тривалістю $T_{\text{терм}}$ (у подальшому прийнято припущення 1 год на кожному терміналі, на шляху прямування поїзду можуть бути додаткові переробки на технічних станціях кожні 800 км) [2, 26].

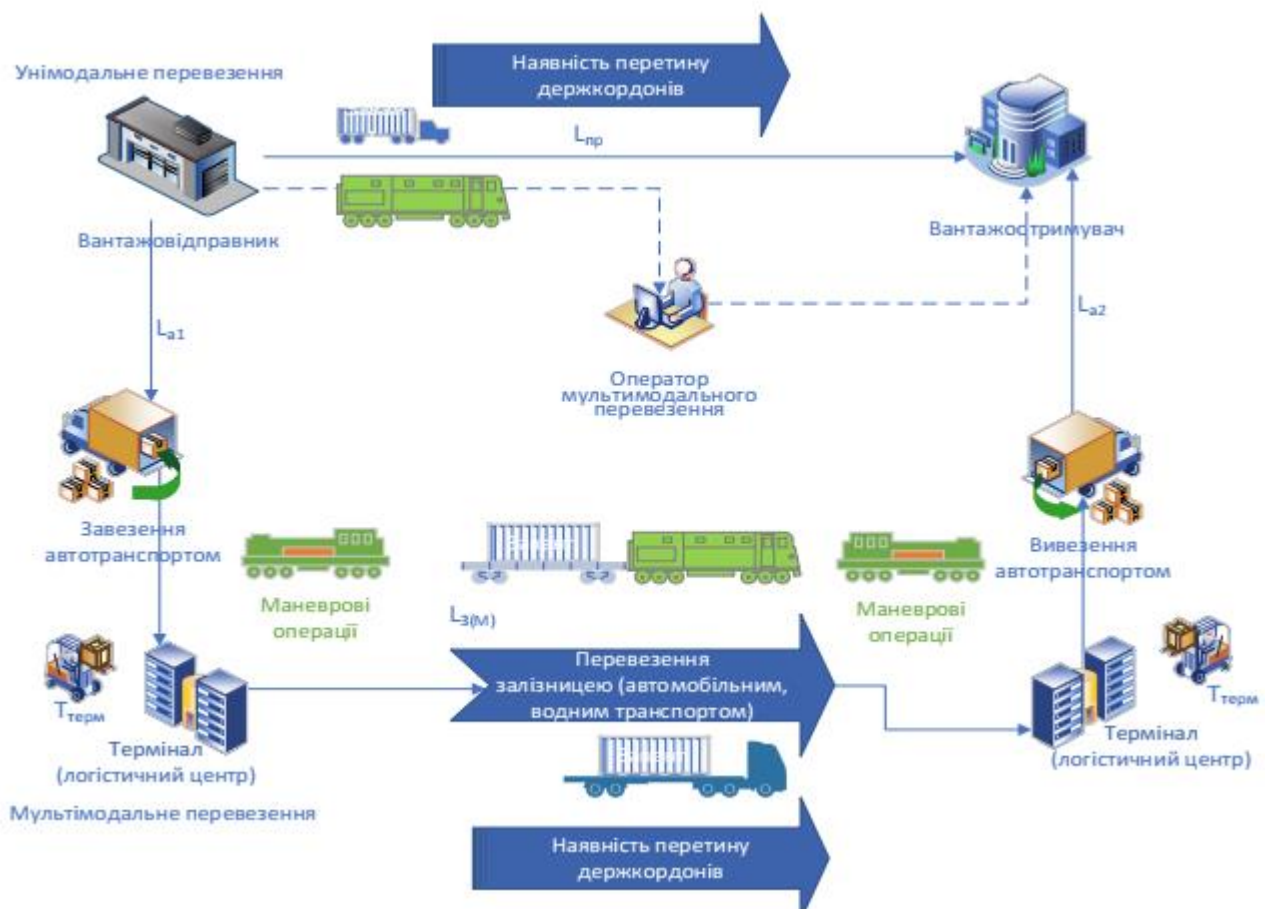


Рисунок 3.2 – Технологічна схема організації унімодального та мультимодального перевезення вантажу

Гнучкість та адаптивність системи доставки вантажу реалізовано за рахунок швидкого переміщення достовірної інформації при використанні електронного обігу документів (EDI – Electronic data interchange). Практичні рішення у сфері покращення якості логістичного обслуговування та скорочення впливу на довкілля проявляються у забезпеченні прискорення реалізації замовлення та скороченні термінів доставки,

використанні концепцій cross-docking, системи just-in-time, системи швидкої реакції (QR), застосуванні штрих кодів та RFID-міток, визначення місцезнаходження на основі GPS [1, 80, 122].

3.2 Оцінка екологічного критерію за основними маршрутами мультимодальних поїздів при перевезенні TEU різними видами транспорту

Підприємства залізничного транспорту є об'єктами, які чинять негативний вплив на людей у вигляді фізично небезпечних та шкідливих факторів. Крім того, діяльність транспорту під впливом небезпечних та шкідливих хімічних факторів призводить до забруднення навколишнього середовища та збільшення витрат на його відновлення.

В загальному вигляді значення екологічного критерію розраховується як величина шкоди від негативного впливу на навколишнє середовище [1, 21]

$$B = B_a + B_e + B_z + B_{nt} + B_{fa} + B_{fl}, \quad (3.1)$$

де B_a – шкода від забруднення атмосфери, млн грн;

B_e – шкода від забруднення водних ресурсів, млн грн;

B_z – шкода від забруднення та деградації земель, млн грн;

B_{nt} – шкода від розміщення шкідливих речовин на навколишній території, млн грн;

B_{fa} – шкода для фауни, млн грн;

B_{fl} – шкода для флори, млн грн.

Основним видом забруднення є забруднення атмосфери, тому у подальшому в основному будемо розглядати саме його. Слід зазначити, що на долю автомобільного транспорту припадає 72 % всіх транспортних викидів. Тому, очевидно, що при поєднанні різних видів транспорту в контрейлерній схемі доставки вантажів, шкода від впливу забруднюючих речовин, що містяться у відпрацьованих газах та речовинах технічно справного тягача, буде мінімізована. Зокрема, показники викидів CO_2 для залізничного транспорту найнижчі в порівнянні з автодорожнім і водним: згідно з проведеними оцінками для перевезення 1000 т вантажів залізницею потрібно в три

рази менше енергії, ніж для їх перевезення автотранспортом. Приблизний рівень питомих викидів відпрацьованих газів наведено в таблиці 3.1 [9, 123, 124].

Таблиця 3.1 - Питомі викиди відпрацьованих газів

Вид транспорту	Питомі викиди відпрацьованих газів, кг/год						
	оксид вуглецю (CO)	оксиди азоту (NO _x)	вуглеводні (CH)	сажа (C)	оксиди сірки (SO _x)	Свинець (Pb)	Бенз(а)пірен
вантажний автомобіль з двигуном внутрішнього згорання	1,104	0,0120	0,1776	-	0,00168	0,00045	0,26 10 ⁻⁶
вантажний автомобіль з дизелем	0,171	0,0486	0,0180	0,0042	0,0045	-	0,38 10 ⁻⁶
маневровий тепловоз	6,410	12,400	3,540	0,380	1,870	-	0,80 10 ⁻⁶
морське судно	4,812	15,390	3,849	0,962	0,962	-	0,80 10 ⁻⁶

З урахуванням даних таблиці 3.1 та шляхом узагальнення даних, наведених у [9, 59, 123, 124], зроблено оцінку енергетичних витрат та шкідливих викидів у довкілля при перевезенні контейнерів різними видами транспорту [8, 10]:

- середні питомі витрати електроенергії електровозом 0,6040...0,6552 кВт·год/TEU·км;

- середні питомі витрати електроенергії на залізничну електротягу з урахуванням втрат у системі електропостачання 0,6647...0,7208 кВт·год/TEU·км;

- середні питомі викиди шкідливих речовин на залізничній електротязі CO = 0,0033...0,0038 г/TEU·км, NO_x = 0,8170...0,8174 г/TEU·км, SO_x = 0,8696...0,8763 г/TEU·км (при змішаному режимі генерації електроенергії електростанціями мазут/вугілля);

- середні питомі викиди шкідливих речовин при виконанні маневрової роботи CO = 320,50 г/TEU·год, NO_x = 620,1 г/TEU·год, SO_x = 93,50 г/TEU·год (тепловоз ЧМЕ-3 в режимі роботи двигуна Ne =75% від повної потужності, склад маневрового складу прийнято 10 ваг.);

- середні питомі викиди шкідливих речовин при перевезенні контейнерів морським транспортом (на прикладі контейнеровозу типу Emma Maersk з 14-циліндровим дизельним двигуном потужністю 80800 кВт) $CO = 8,1955... 13,3927$ г/TEU·км, $NO_x = 2,5625... 4,1875$ г/TEU·км, $SO_x = 1,8750... 3,0562$ г/TEU·км (питомі витрати палива експертно прийнято 205 г/кВт·год.);

- середні питомі викиди шкідливих речовин вантажного автомобіля $CO = 13,194$ г/TEU·км, $NO_x = 3,750$ г/TEU·км, $SO_x = 3,200$ г/TEU·км (6-циліндровий дизельний двигун, середня швидкість 60 км/год, повне завантаження контейнера).

Таким чином доведено, що залізничний транспорт є найбільш екологічним з точки зору викидів CO , NO_x , SO_x до атмосфери. На рисунку 3.3 наведено порівняння питомого забруднюючого впливу на довкілля при перевезенні 20-футового контейнера (TEU) різними видами транспорту [10, 14, 29].

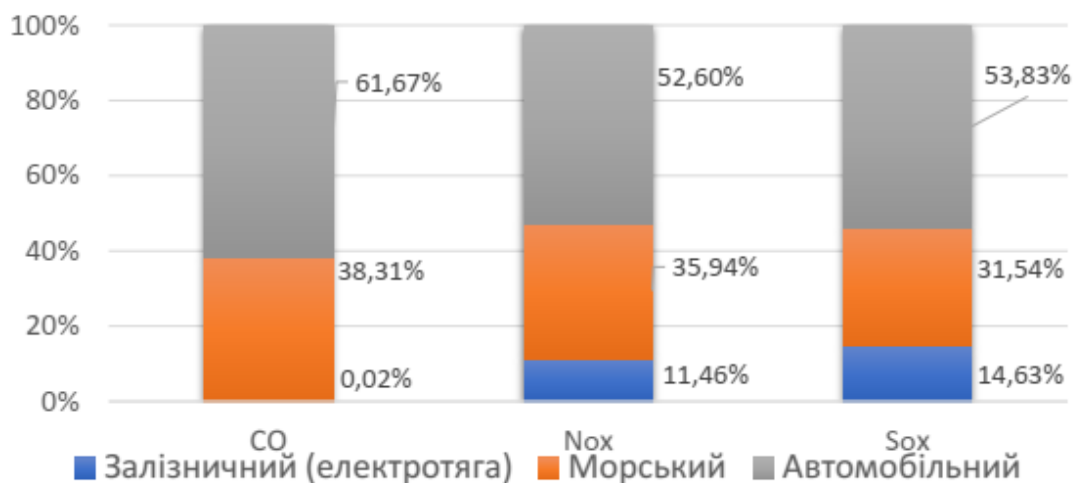


Рисунок 3.3 - Порівняння питомого забруднюючого впливу на довкілля при перевезенні 20-футового контейнера (TEU) різними видами транспорту

З метою порівняння кількісної оцінки шкідливих викидів у довкілля при перевезенні контейнерів різними способами та видами транспорту за маршрутами доставки вітчизняними контейнерними поїздами та аналогічними унімодальними маршрутами на основі схеми (рисунок 3.1) побудовано в таблиці 3.2 [1, 9, 10]. В таблиці враховано, що відстань прямування за маршрутом різними видами транспорту залежить від топології відповідних шляхів сполучення.

Таблиця 3.2 - Оцінка кількості шкідливих викидів у довкілля при перевезенні контейнерів різними способами та видами транспорту, г/TEU

Мультимодальний маршрут прямування, відстань та розрахункова тривалість на шляху прямування	Викиди мультимодальним маршрутом: поїздом (додаткові викиди на початкові/кінцеві та маневрові операції)	Загальні викиди мультимодальним маршрутом	Викиди унімодальним транспортом (авто, водний)
«Вікінг», поїзд комбінованого транспорту, Литва – Україна – Болгарія – Молдова / Румунія / Грузія – Азербайджан, L _з = 1766 км, t _{пр} =59 год.	CO 5,83 NO _x 1 442,82 SO _x 1 535,71 (CO 2 865,28 NO _x 2 930,40 SO _x 758,00)	CO 2 871,11 NO _x 4 373,22 SO _x 2 293,71	L _{пр} = 1486 км CO 19 606,28 NO _x 5 572,5 SO _x 4 755,2
«ZUBR», контейнерний, Естонія – Латвія – Україна L _з = 2162 км, t _{пр} =84 год.	CO 7,13 NO _x 1 766,35 SO _x 1 880,08 (CO 3 185,78 NO _x 3 550,50 SO _x 851,50)	CO 3 192,91 NO _x 5 316,85 SO _x 2 731,58	L _{пр} =1782 км CO 23 511,71 NO _x 6 682,50 SO _x 5 702,40
Країни ЄС – Китай, контейнерний, Алтинколь – Мостиська L _з = 6333 км, t _{пр} = 360 год. (15 діб)	CO 20,8989 NO _x 5 174,061 SO _x 5 507,1768 (CO 6 070,28 NO _x 9 131,40 SO _x 1 693,00)	CO 6 091,18 NO _x 14 305,46 SO _x 7 200,17	L _{пр} =5244 км CO 69 189,34 NO _x 19 665,00 SO _x 16 780,80 (морським CO 196 692,00 NO _x 61 500,00 SO _x 45 000)
«Хрещатик», контейнерний, Одеса-Порт (експ.) – Київ-Ліски L _з = 697 км, t _{пр} =24 год.	CO 2,3001 NO _x 569,449 SO _x 606,1112 (CO 2 224,28 NO _x 1 690,20 SO _x 571,00)	CO 2 226,58 NO _x 2 259,65 SO _x 1 177,11	L _{пр} =475 км CO 6 267,15 NO _x 1 781,25 SO _x 1 520
Одеса – Харків, контейнерний, Одеса-Порт (експ.) – Харків-Ліски L _з = 761 км, t _{пр} =23 год.	CO 2,5113 NO _x 621,737 SO _x 661,7656 (CO 2 224,28 NO _x 1 690,20 SO _x 571,00)	2226,79 2311,94 1232,77	L _{пр} =674 8892,76 2527,5 2156,8

На рисунку 3.4 наведено порівняння оцінки шкідливих викидів у довкілля при перевезенні контейнерів за основними маршрутами. Аналіз довів, що найбільш екологічною є мультимодальна технологія перевезень контейнерів, але по викидах NO_x при перевезеннях на відносно невеликій відстані (до 500 км) більш екологічним умовно можна вважати перевезення автотранспортом за нормальних погодних умов. Якщо врахувати вплив погіршення природних умов (снігопад, ожеледь, низькі температури, сильні дощі), то навіть на таких невеликих відстанях автотранспорт за екологічними показниками програє залізничному [1, 9].

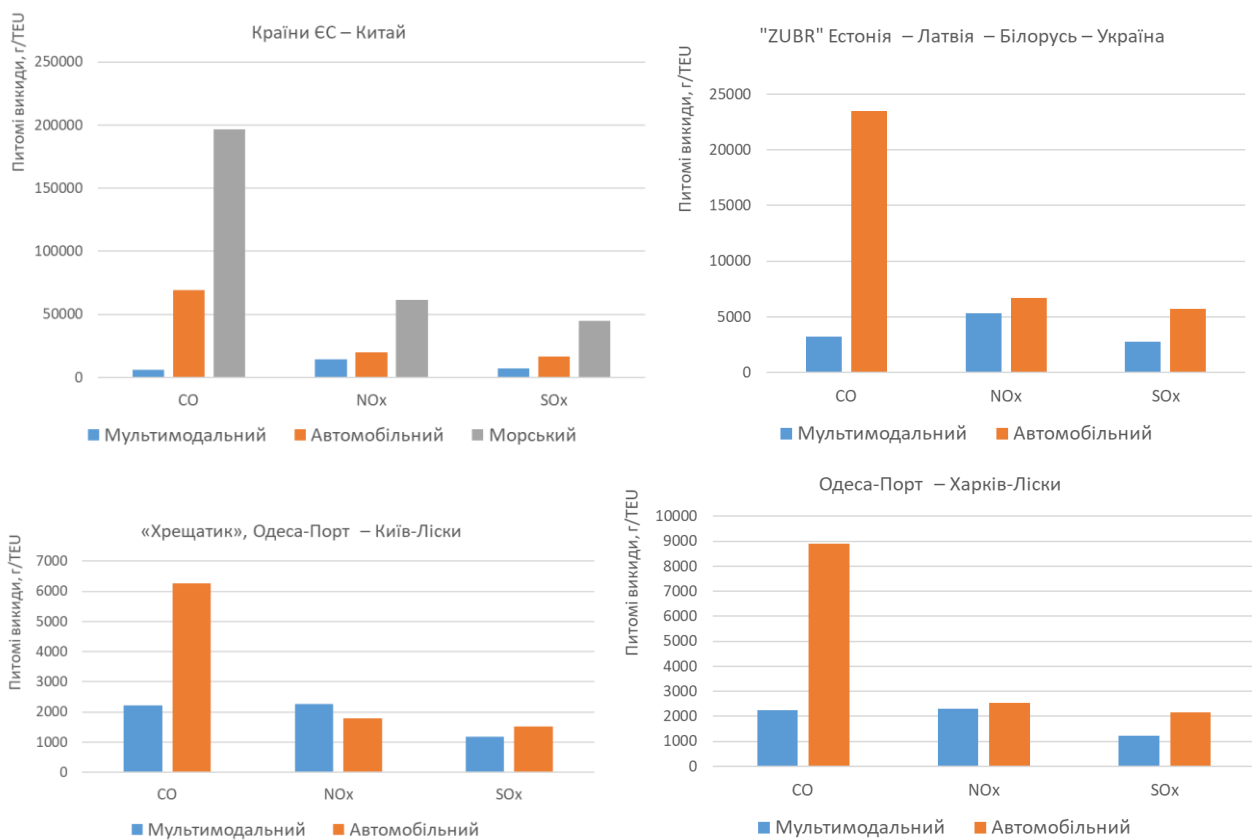


Рисунок 3.4 - Порівняння питомого забруднюючого впливу на довкілля при перевезенні 20-футового контейнера (TEU) за основними маршрутами

Крім зазначених факторів, також ще необхідно враховувати шкідливий вплив експлуатації великовагових автомобілів на стан доріг, рівень шумового забруднення довкілля, критерії безпеки людей при застосуванні різних технологій. Зазначені вище фактори доцільності мультимодальних (контрейлерних) перевезень АТ «Укрзалізниця» або компанією-перевізником є багатокритеріальною задачею. Її

можливо формалізувати з метою наукового обґрунтування раціонального часу на підготовку контрейлерного поїзда в рейс та ймовірності безвідмовного прийому або пропуску поїздів транспортною системою, захисту від фізичних небезпечних та шкідливих факторів, підвищення рівня безпеки, технічної можливості та переробної спроможності місць розташування контрейлерних терміналів [23].

Оцінку значення екологічного критерію при унімодальному перевезенні автотранспортом можливо розраховувати як вартісну величину шкоди від негативного впливу двоокису вуглецю на атмосферне повітря [30, 33, 34]

$$B_a = m_{\text{TEU}} \eta_a \sum_{n=1}^K (L_{\text{пр } i} c_{\text{атм } i}), \quad (3.2)$$

де $L_{\text{пр } i}$ – відстань прямого унімодального перевезення територією i -ї держави, км;

K – кількість ділянок перевезення територією інших держав (для внутрішнього сполучення $K=1$);

$c_{\text{атм } i}$ – ставка екологічного податку на забруднюючі викиди CO_2 територією i -ї держави, грн/т (див. додаток Ж);

m_{TEU} – маса вантажу, що перевозиться у контейнері (TEU), т.

Аналогічно значення екологічного критерію для мультимодального перевезення

$$B_M = m_{\text{TEU}} \left(\eta_3 \sum_{n=1}^K (2L_{3i} c_{\text{атм } i} + t_{\text{ман } i} \eta_{\text{ман}}) + \eta_a [L_{a1} c_{\text{атм } 1} + L_{a2} c_{\text{атм } K}] \right), \quad (3.3)$$

де L_{3i} – відстань залізничної частини мультимодального перевезення територією i -ї держави, км;

2 – коефіцієнт, що враховує повернення рухомого складу до країни-власника;

$t_{\text{ман } i}$ – середня тривалість маневрових операцій з мультимодальною одиницею, год;

$\eta_{\text{ман}}$ – питомий середній рівень викидів CO_2 у атмосферу при виконанні маневрової роботи, г/год (прийнято $\eta_{\text{ман}} = 320,50$ г/год для тепловозу ЧМЕ-3 [124], в

режимі роботи двигуна $\eta_e = 75\%$ від повної потужності, склад маневрового составу прийнято 10 вагонів);

L_{a1}, L_{a2} – середня відстань, відповідно, завезення та вивезення мультимодальної одиниці, км.

3.3 Формування нечіткого екологічного критерію при перевезенні вантажів декількома видами транспорту

Запропонований вище традиційний підхід до визначення екологічного критерію визначається на основі розрахунку ряду окремих показників та у достатньої мірі відбиває сутність унімодального перевезення. Але його використання для мультимодального перевезення не дозволяє у повній мірі оцінити ефективність такого варіанту, оскільки необхідно використати узагальнену оцінку змін основних показників доставки декількома видами транспорту на кінцевий результат. Кількість показників може бути різною, але вони повинні бути значимими для компанії-перевізника, а також служити основою для обґрунтування управлінських рішень щодо формування логістичного ланцюга [125]. Тому запропоновано формування нечіткого екологічного критерію при перевезенні вантажів декількома різними видами транспорту [6].

Якщо це розглянути у формальних термінах, то значення екологічного критерію формування ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики представити у вигляді векторної функції приналежності лінгвістичних змінних \widehat{B}_m

$$\widehat{B}_m = \{\mu_{b_1}(B), \mu_{b_j}(B), \dots, \mu_{b_N}(B)\}, \quad (3.4)$$

де b_i - бажаний рівень виконання j -й складової показника, загальна кількість яких складає N ;

$\mu_{b_j}(B)$ - функція приналежності рівня виконання показника нечіткої множині \widehat{B}_m .

Значеннями лінгвістичної змінної V є нечіткі множини, елементами яких є характеристиками показника. Кожний показник має обмеження $\forall j \in N \exists b_j \in \bar{B}_j$, де \bar{B}_j є множиною припустимих значень окремого показника.

Формування нечіткого екологічного критерію \widehat{B}_m можливо покласти в основу системи підтримки прийняття рішення вибору параметрів та складових мультимодального логістичного ланцюга компанії-перевізника шляхом оцінки впливу екологічності кожної ланки з використанням лінгвістичних змінних та отримання на їх базі нечітких висновків [126].

Формально лінгвістичну змінну визначимо у вигляді набору

$$V: \langle T, \bar{B}_j, G, W \rangle, \quad (3.5)$$

де V - найменування лінгвістичної змінної;

T – базова терм-множина значень лінгвістичної змінної V ;

\bar{B}_j - універсальна множина припустимих значень показника, яка є областю визначення кожного терму, тобто $T \subseteq \bar{B}_j$;

G - синтаксична процедура, яка дозволяє оперувати елементами терм-множини T ;

W - семантична процедура (правила), що дозволяє перетворити кожне нове значення лінгвістичної змінної, яке створено процедурою G , у нечітку змінну. Таким чином можливо сформулювати змістовне наповнення відповідної нечіткої множини.

Для формування критерію введемо поняття нечіткого висловлення – це конструкції виду $\langle B_j \in B_j^* \rangle$, де B_j^* - значення лінгвістичної змінної, якому відповідає нечітка множина на універсальній множині \bar{B}_j .

Для отримання нечітких висновків будемо використовувати наступні семантичні процедури W перетворень нечітких висловлень. Правило перетворення кон'юнктивної форми

$$\langle B_1 \in B_1^* \wedge B_2 \in B_2^* \rangle \Rightarrow \langle (B_1, B_2) \in (B_1^* \cap B_2^*) \rangle, \quad (3.1)$$

де $B_1^* \cap B_2^*$ значення лінгвістичної змінної (B_1, B_2) , яке відповідає вихідному висловленню $\langle B_1 \in B_1^* \wedge B_2 \in B_2^* \rangle$ і якому для лінгвістичних змінних B_1 та B_2 ставиться у відповідність нечітка множина $\hat{B}_1 \cap \hat{B}_2$ із функцією приналежності $\mu_{B_1 \cap B_2}(\bar{B}_1, \bar{B}_2) = \mu_{B_1}(B_1^*) \cap \mu_{B_2}(B_2^*)$.

Правило перетворення диз'юнктивної форми

$$\langle B_1 \in B_1^* \vee B_2 \in B_2^* \rangle \Rightarrow \langle (B_1, B_2) \in (B_1^* \cup B_2^*) \rangle, \quad (3.2)$$

де $B_1^* \cup B_2^*$ значення лінгвістичної змінної (B_1, B_2) , яке відповідає вихідному висловленню $\langle B_1 \in B_1^* \vee B_2 \in B_2^* \rangle$ і якому для лінгвістичних змінних B_1 та B_2 ставиться у відповідність нечітка множина $\hat{B}_1 \cup \hat{B}_2$ із функцією приналежності $\mu_{B_1 \cup B_2}(\bar{B}_1, \bar{B}_2) = \mu_{B_1}(B_1^*) \cup \mu_{B_2}(B_2^*)$.

Правило перетворення висловлень імплікативної форми

$$\langle B_1 \in B_1^* \supset B_2 \in B_2^* \rangle \Rightarrow \langle (B_1, B_2) \in (B_1^* \rightarrow B_2^*) \rangle, \quad (3.3)$$

де $(B_1^* \rightarrow B_2^*)$ значення, яке відповідає значенню лінгвістичної змінної (B_1, B_2) .

Формування значення екологічного критерію B_m та формалізацію системи підтримки прийняття рішень здійснено за допомогою логіко-лінгвістичні методів опису систем в термінах лінгвістичних змінних та розглянемо як сукупність лінгвістичних висловлень наступного виду [6]

$$\hat{B}_m = \begin{cases} B_1: \langle B_{11} \wedge |V| \supset B_{12} \dots \wedge |V| \supset B_{1N} \rangle \Rightarrow \langle B_{11}^* \wedge |V| \supset B_{12}^* \dots \wedge |V| \supset B_{1N}^* \rangle \\ B_2: \langle B_{21} \wedge |V| \supset B_{22} \dots \wedge |V| \supset B_{2N} \rangle \Rightarrow \langle B_{21}^* \wedge |V| \supset B_{22}^* \dots \wedge |V| \supset B_{2N}^* \rangle \\ \dots \\ B_j: \langle B_{j1} \wedge |V| \supset B_{j2} \dots \wedge |V| \supset B_{jN} \rangle \Rightarrow \langle B_{j1}^* \wedge |V| \supset B_{j2}^* \dots \wedge |V| \supset B_{jN}^* \rangle \end{cases}, \quad (3.9)$$

де $\langle B_{ij} \rangle$, $i=1,2,\dots,N$ $j=1,2,\dots,k$ - нечіткі висловлення на відповідних значеннях вхідних лінгвістичних змінних;

$\langle B_{ij}^* \rangle$, $i=1,2,\dots,N$ $j=1,2,\dots,k$ - нечіткі висловлення на відповідних значеннях вихідних лінгвістичних змінних.

Сукупність правил (3.9) будемо називати нечіткою базою знань, яка відбиває функціональний взаємозв'язок вхідних і вихідних нечітких змінних та є основою побудови узагальненого нечіткого відношення, заданого на універсальній множині \bar{B}_j для вхідних і вихідних змінних. Відношення взаємозв'язку будується за композиційним правилом висновків Заде [127]

$$\mu_{b_j}(\bar{B}_j) = \cup_{B_j \in B_j^*} [\mu_{b_i}(\bar{B}_j) \cap \mu_b(\bar{B}_j)], \quad (3.10)$$

Таким чином, композиційне правило висновків в цьому випадку задає закон функціонування нечіткої моделі. Нечіткий висновок значення екологічного критерію B_m здійснено за відомі чотири етапи [128, 129]: фазифікація, безпосередній нечіткий висновок, акумуляція результатів, дефазифікація за методом "центру ваги" [6].

3.4 Формування моделі ланцюга постачання вантажів у контейнерах компанією-перевізником на основі «зеленої» логістики

Відповідно до проведених досліджень [80] засмічення довкілля може проводитися двома шляхами: безпосередньо через збільшення викидів на кілометр, коли засоби транспорту рухаються з непродуктивною швидкістю, та опосередковано за рахунок збільшення кількості повторних перевезень та переадресування вантажів із засобами транспорту. Дослідження показують, що тільки за рахунок реструктуризації транспортної мережі відбувається скорочення на 11 % витрат на експлуатацію та на 10 % викидів CO₂. Зменшення відстані транспортування є ключовим моментом в оптимізації ланцюга постачання вантажів за критеріями, що відповідають концепції «зеленої» логістики.

Екологічні обмеження на внутрішні перевезення вантажів автотранспортом висунуто у Національній транспортній стратегії [43], де передбачається зменшення кількості великовагових вантажівок (контейнеровозів) на довгих маршрутах протяжністю понад 200 км. У країнах ЄС ці обмеження позначено у Білій книзі ЄКМТ [87], відповідно до якої транспортна система ЄС прагне до 2030 р. перевести 30%

автомобільних вантажних перевезень з дальністю поїздки понад $L_a=300$ км на інші види транспорту (залізничний або водний), і понад 50% - до 2050 р.

Оцінку значення екологічного критерію V_m при перевезенні прийнято як вартісну величину шкоди від впливу двоокису вуглецю на атмосферне повітря [2] згідно попередніх розрахунків за формулами (3.2), (3.3) а також \widehat{V}_m у нечіткої постановці (3.4).

Формування моделі ланцюга постачання вантажів компанією-перевізником у контейнерах з урахуванням нечіткого екологічного критерію \widehat{V}_m вирішено як багатоетапну транспортну задачу цілочисельного програмування із нечіткими критеріями. У багатоетапних транспортних задачах контейнери від постачальників спочатку надходять на проміжні пункти (розподільчі термінали, у нашому випадку – це міждержавні пункти переходу), де, у разі потреби, вони перевантажуються або певний час зберігаються. Тобто до кінцевих споживачів продукція надходить не від постачальників, а з проміжних пунктів транспортних мереж (рисунок 3.5) [29, 30].

У розглянутому прикладі вважаються відомими запаси продукції у постачальників, пропускні спроможності проміжних пунктів, потреби споживачів, а також тарифи та екологічні критерії на перевезення контейнера (TEU), а також пропускні спроможності кожного із маршрутів. За цих умов потрібно визначити найбільш економічний план перевезень продукції від постачальників до споживачів.

Позначимо кількість постачальників (філії компанії-перевізника) через m , а обсяг наявних у кожного з них контейнерів через $a_i (i = \overline{1, m})$. Кількість споживачів (філії компанії-перевізника) позначимо через n , попит на контейнери кожного споживача – через $b_j (j = \overline{1, n})$. Припускається, що перевезення продукції від постачальників до споживачів здійснюватимуться у два етапи. Спочатку продукція від постачальників надходитиме на проміжні пункти, а вже з проміжних пунктів – до споживачів (рисунок 3.5). Кількість проміжних пунктів позначимо через p , а пропускну спроможність окремого k -го проміжного пункту – через $c_k (k = \overline{1, p})$.

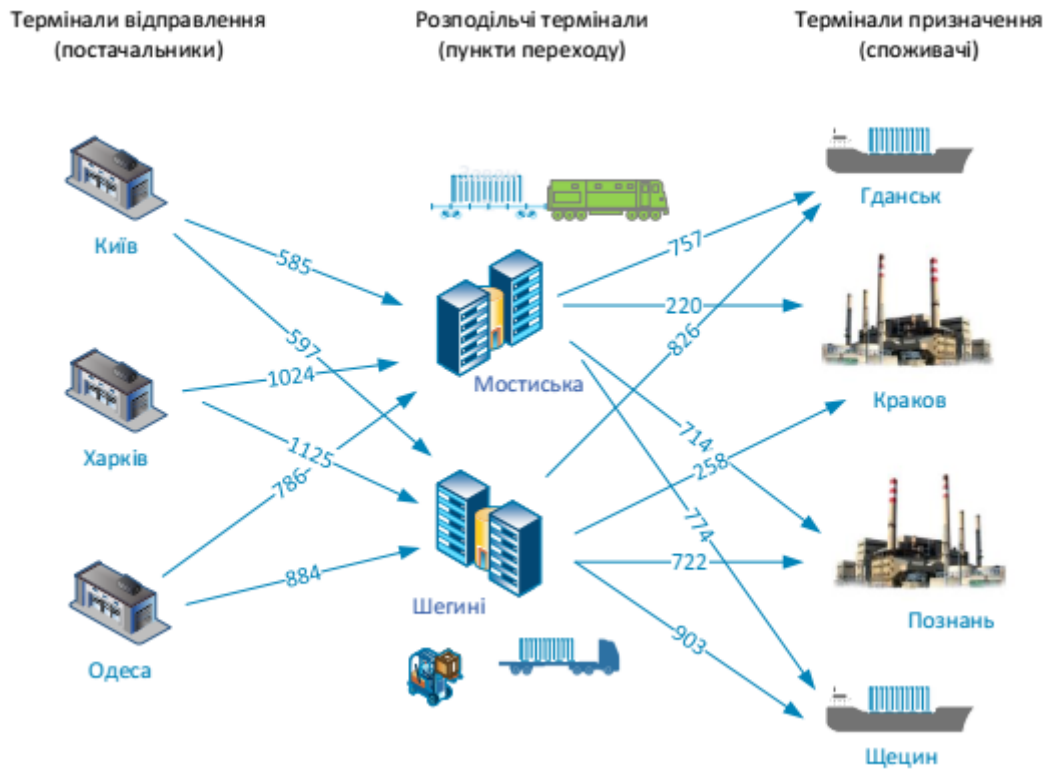


Рисунок 3.5 - Схема полігону формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах (на стрілках показано відстань у км)

Витрати на перевезення одиниці продукції від i -го постачальника на k -й проміжний пункт позначимо через s_{ik} ($i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}$), а витрати на перевезення одиниці продукції з k -го проміжного пункту до j -го споживача – через t_{kj} ($k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$). Потрібно знайти обсяги x_{ik} перевезень продукції від постачальників на проміжні пункти ($i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}$) та обсяги y_{kj} перевезень продукції з проміжних пунктів до споживачів ($k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$), щоб загальні витрати Ω на здійснення усіх перевезень були б мінімальними.

За наведених умов і позначень доопрацьована економіко–математична модель двоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування набирає вигляд [5, 34]

$$\Omega = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p (s_{ik} + \widehat{B}_{mi}) x_{ik} + \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n (t_{kj} + \widehat{B}_{mj}) y_{kj} \rightarrow \min \quad (3.11)$$

$$\sum_{k=1}^p x_{ik} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (3.12)$$

$$\sum_{k=1}^p y_{kj} = b_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (3.13)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = \sum_{j=1}^n y_{kj} \leq c_k, \quad k = \overline{1, p} \quad (3.14)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, p} \quad (3.15)$$

$$y_{kj} \geq 0, \quad k = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, n}$$

$$L_{akj} \leq L_a, \quad k = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, n} \quad (3.16)$$

$$\sum_{j=1}^n b_j \leq \sum_{k=1}^p c_k \quad (3.17)$$

Цільова функція (3.11) відповідає пошуку найбільш економічного плану перевезень контейнерів компанією-перевізником з урахуванням нечіткого екологічного критерію. Інші умови задачі означають, відповідно, що:

(3.12) – обсяг контейнерів, що вивозитиметься від кожного постачальника, не повинен перевищувати наявного у нього запасу;

(3.13) – обсяг контейнерів, що ввозитиметься кожному споживачу, має відповідати його попиту;

(3.14) – всі контейнери, що буде ввезено на кожний проміжний пункт від постачальників, має бути потім надісланою до споживачів, причому слід враховувати пропускні спроможності кожного проміжного пункту;

(3.15) – обсяги перевезень контейнерів за кожним із маршрутів мають бути невід’ємними;

(3.16) – відстань перевезення контейнерів від проміжних пунктів до споживачів автотранспортом не повинна перевищувати гранично допустимої з екологічної точки зору величини L_a ;

(3.17) - пропускні спроможності усіх проміжних пунктів достатні для опрацювання сукупного потоку продукції у транспортній мережі.

3.5 Оцінка якості та система контролю забруднюючого впливу на довкілля при перевезенні вантажів різними видами транспорту

З метою забезпечення прийняття зважених рішень у сфері екологічної стратегії [130] слід підвищити якість оцінки та контролю рівня забруднення атмосфери за рахунок використання методології ForFITS (рисунок 3.6), рекомендованої Європейською економічною комісією ООН (UNECE). ForFITS – це методологія, яка базується на моделі оцінки поточної та майбутньої активності транспорту, а також використання енергії та викидів CO₂ в транспортному секторі [131].

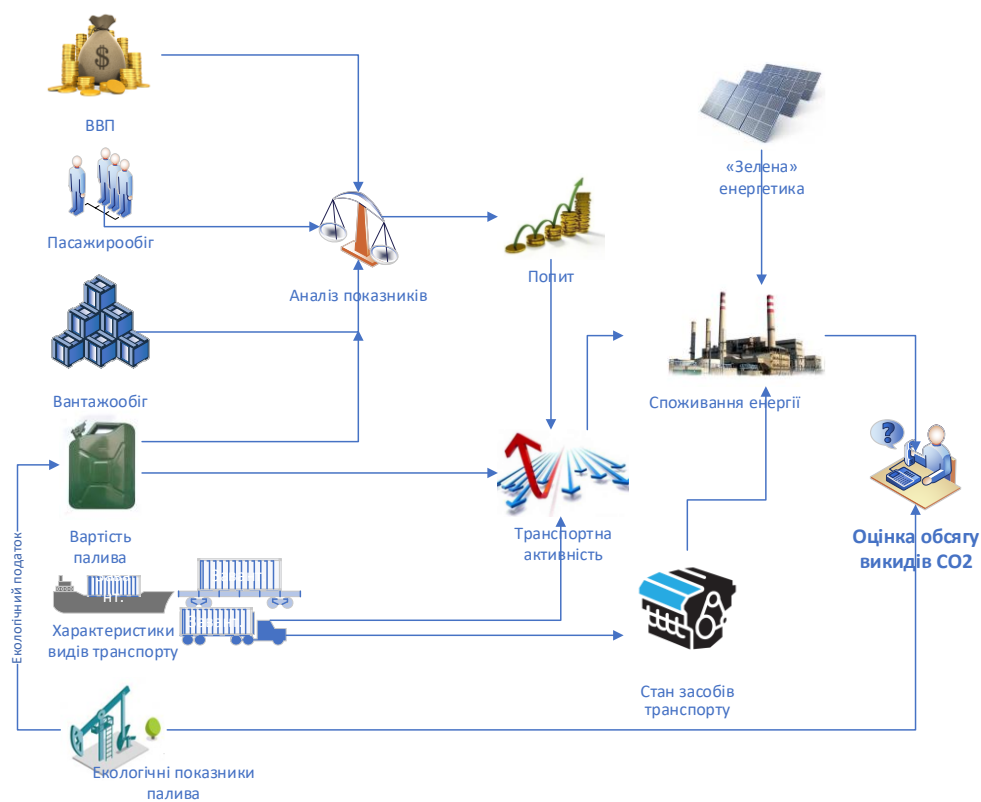


Рисунок 3.6 - Загальна схема зменшення негативного впливу транспорту на довкілля при реалізації методології ForFITS

Згідно з методологією ForFITS, обсяг викидів CO₂ розраховується на підставі врахування повного циклу виробництва і використання палива: викидів при виробництві палива, при його та при експлуатації засобів транспорту. Всі результати розраховуються на підставі збору та оцінки даних про кількість транспортних засобів (за видами) що експлуатуються, середньої відстані перевезень пасажирів та вантажів,

середнього завантаження засобів транспорту, середнього споживання ним палива тощо. На підставі отриманих даних повинні прийматися обґрунтовані рішення про необхідні екологічні заходи зі зменшення шкідливих викидів, обсяги необхідного фінансування цих заходів, та, як наслідок, про рівень екологічних податків та екологічні вимоги до засобів транспорту [2, 130].

Оцінку екологічної ефективності підприємства, як частини логістичного ланцюга, можливо зробити на підставі рекомендації стандарту ISO/FDIS 14031:2021 [132] Структура операційної діяльності підприємства та фактори, що впливають на його екологічну ефективність та утворення відходів і викидів, наведено на рисунку 3.7 [3].

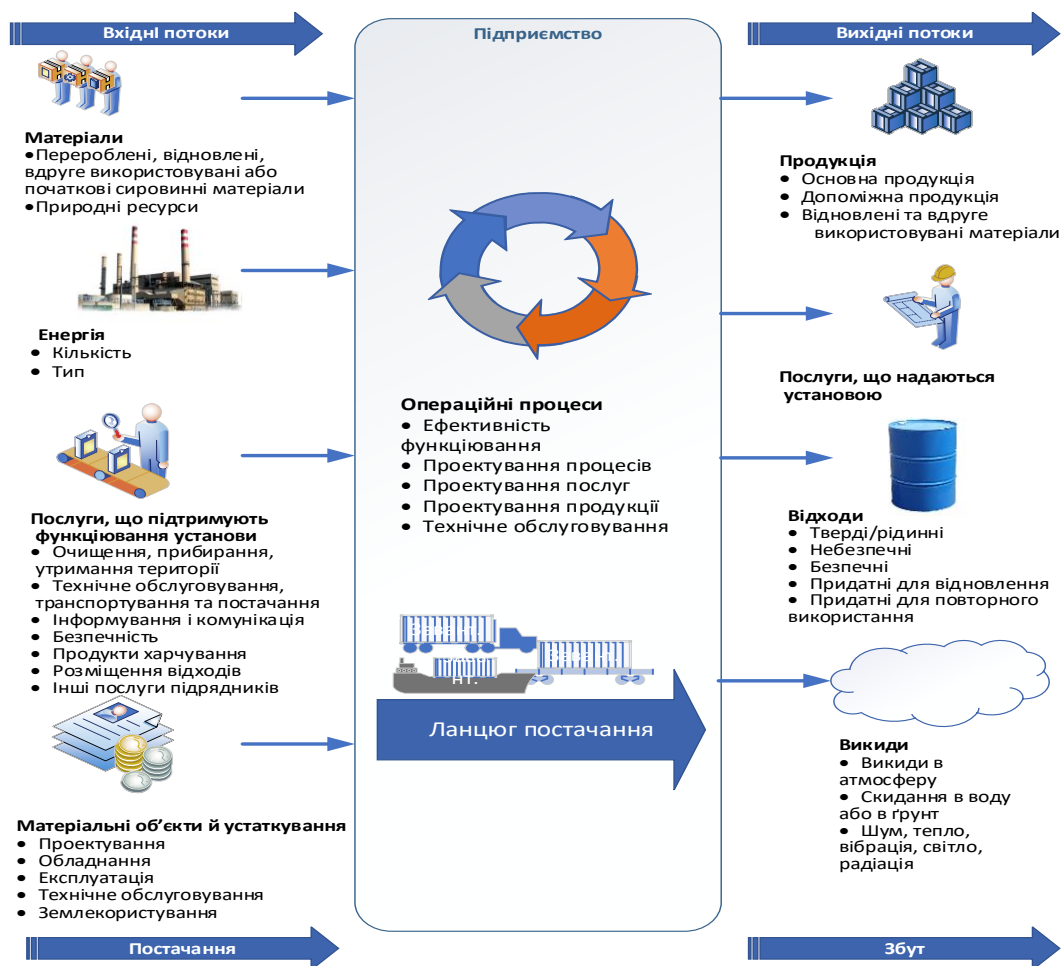


Рисунок 3.7 - Структура операційної діяльності логістичного підприємства та фактори, що впливають на його екологічну ефективність

3.6 Висновки до третього розділу

1. Встановлено, що на долю автомобільного транспорту припадає 72 % всіх транспортних викидів. Тому доведено, що при поєднанні різних видів транспорту в мультимодальній контрейлерній схемі доставки вантажів, шкода від впливу забруднюючих речовин буде мінімізована. Зокрема, показники викидів CO₂ для залізничного транспорту найнижчі в порівнянні з автодорожнім і водним, а для перевезення 1000 т вантажів залізницею потрібно в три рази менше енергії, ніж для їх перевезення автотранспортом.

2. Контейнерні перевезення забезпечують рівні умови для різних видів транспорту з точки зору технології їх транспортування. Тому у подальшому будемо розглядати саме перевезення вантажів у контейнерах. Здійснено порівняння оцінки шкідливих викидів у довкілля при перевезенні контейнерів за основними маршрутами. Аналіз довів, що найбільш екологічною є мультимодальна технологія перевезень контейнерів за участю залізниць, але по викидах NO_x при перевезеннях на відносно невеликій відстані (до 500 км) більш екологічним умовно можна вважати перевезення автотранспортом за нормальних погодних умов. Перспективу «зеленої» логістики ув'язано із вимогами стандарту ISO 14001 [121].

3. Впровадженню «зелених» логістичних технологій сприяє впровадження мультимодальних технологій перевезення вантажів. Розроблено підхід щодо застосування екологічного критерію по викидах у атмосферу від перевезень вантажів. Це дозволило виділити наступні перспективні напрямки у розвитку «зеленої» логістики:

- скорочення частки унімодальних автомобільних перевезень, заміщення їх мультимодальними за участю залізничного та водного видів транспорту. Це дозволить покращити показники екологічності при перевезенні вантажів: з боку залізниці рівень викидів забруднюючих речовин у атмосферу можливо скоротити майже у 200 разів, а по викидам CO₂ – практично у 300 разів;

- використання для підвищення якості оцінки та контролю рівня забруднення атмосфери методології ForFITS, рекомендованої UNECE, є шляхом обґрунтування

оптимального рівня екологічних податків та сучасних екологічних вимог до засобів транспорту;

- розмежування вантажного та пасажирського руху на особливо завантажених залізничних дільницях, застосування сучасного тягового рухомого складу.

4. Встановлено, що традиційний підхід до визначення екологічного критерію на основі розрахунку ряду окремих показників не дозволяє у повній мірі оцінити ефективність мультимодального перевезення. Тому запропоновано формування нечіткого екологічного критерію при перевезенні вантажів різними видами транспорту. У формальних термінах значення екологічного критерію формування ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики представлено у вигляді векторної функції приналежності лінгвістичних змінних \widehat{B}_m .

РОЗДІЛ 4

РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМИ КОМПАНІЯМИ-ПЕРЕВІЗНИКАМИ

4.1. Формування автоматизованої системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником

В розділах 2 та 3 дисертаційної роботи запропоновано моделі та наведено узагальнену процедуру розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником. Це покладено в основу розробки СППР диспетчера-логіста компанії-перевізника (СППР-ДЛ) та відповідного програмного забезпечення разом з формулами [134] для проведення розрахунків одного робочого дня компанії-перевізника. Вихідними даними для розрахунку слугує «зведена таблиця готовності» (таблиця В.1). Дана таблиця має 5 стовпців, в яку вводяться наступні дані:

- дата та час готовності групи вагонів до перевезення;
- найменування станції відправлення;
- кількість вагонів у групі (з однієї станції може відправитися більше однієї групи вагонів);
- найменування станції призначення;
- швидкість доставки вантажу в залежності від побажання вантажовідправника.

На рисунку 4.1 зображено фрагмент «зведеної таблиці готовності» як частину програмного забезпечення СППР-ДЛ компанії-перевізника у зручному інтерфейсі.

Після введення всіх даних у «зведену таблицю готовності» програма виводить результати розрахунків у вигляді плану добової роботи залізничної компанії-перевізника (рисунок 4.2).

ЗАЛІЗНИЧНІ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯ		Розрахунок маршрутів Розрахунок перевезення вантажів								
Дата та час готовності групи вагонів до перевезення	Найменування станції відправлення	Кількість вагонів у групі	Найменування станції призначення	Швидкість доставки вантажу						
25.10.2023 00:00	A1	15	A22	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 00:00	A1	25	A22	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 01:00	A5	10	A25	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 01:00	A5	15	A25	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 01:30	A8	5	A10	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 01:30	A8	5	A10	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 02:00	A11	15	A2	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 02:00	A11	20	A2	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 02:30	A19	43	A6	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 02:30	A19	9	A6	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 03:00	A20	17	A7	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 03:00	A20	15	A7	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 03:30	A6	21	A24	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 05:00	A23	41	A3	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 05:00	A23	6	A3	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 05:30	A19	45	A4	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис
25.10.2023 06:00	A18	35	A3	0	1	2	3	4	🔍	🗑️ Видалити запис

Рисунок 4.1 - Фрагмент «зведеної таблиці готовності» СППР-ДЛ залізничної компанії-перевізника

Цей результат є повноцінним прототипом програмного забезпечення для залізничних компаній-перевізників. На екран після розрахунку виводяться наступні результати:

- номер поїзда (в рамках дисертаційної роботи зроблено припущення, що виводиться тільки порядковий номер поїзда);
- станції відправлення, причому СППР-ДЛ визначає, які групи вагонів будуть прийняті як основна група вагонів;
- розрахункова дата та час відправлення поїзда;
- станція або станції причеплення груп вагонів, тобто групи вагонів, які приєднуються до основної групи вагонів на шляху слідування поїзда. Цю частину плану добової роботи СППР-ДЛ автоматично визначає шляхом аналізу заявок з використанням запропонованої процедури за критерієм мінімуму загальної вартості добового плану;
- дата та час відправлення поїзда зі станції причеплення груп вагонів;

- станції, через які проходить маршрут поїзда. Цю частину плану добової роботи програма СППР-ДЛ обирає відповідно до заздалегідь завантаженої в неї матриці-полігона (на рисунку 4.3 наведено умовний полігон залізничної мережі, який можливо змінити на реальній). Програмне забезпечення самостійно прокладає маршрут з урахуванням технологічних обмежень;

- станція призначення. Ці дані беруться зі «зведеної таблиці готовності» зі стовпця «найменування станції призначення»;

- дата та час прибуття поїзда на станцію призначення. Цю частину плану добової роботи СППР-ДЛ самостійно розраховує на основі відстані, що закладено в програму у вигляді матриці-полігону (рисунок 4.3) та швидкості руху поїзда (для дисертаційної роботи прийнято 50 км\год.) з урахуванням тривалості стоянки поїзда для причеплення груп вагонів та за інших причин;

- вартість перевезення вантажів. Даний результат розраховується за формулою (2.17);


- кількість вагонів з вантажем вантажовідправника;

- відстань перевезення. Даний результат виводиться на основі матриці-полігону (див. рисунок 4.3) шляхом визначення суми довжини ділянок, які увійшли до оптимального маршруту від станції відправлення до станції призначення;

- час в дорозі. Даний результат розраховується в залежності від часу руху поїзду від станції відправлення до станції призначення.

Треба відзначити, що вартість за перевезення вантажу в програмному забезпеченні розраховується окремо для кожного вантажовідправника в залежності від ситуації на полігоні.

Схожа схема автоматизації функціонування залізниць є у Німеччині та у Польщі [75].


 Розрахунок маршрутів Розрахунок перевезення вантажів

Результати розрахунків

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР ПОЙДА	СТАНЦІЯ ВІДПРАВЛЕННЯ	ДАТА ТА ЧАС ВІДПРАВЛЕННЯ ПОЙДА		СТАНЦІЯ ПРИЧЕПЛЕННЯ ГРУПИ ВАГОНІВ	ДАТА ТА ЧАС ВІДПРАВЛЕННЯ ПОЙДА З СТАНЦІЇ ПРИЧЕПЛЕННЯ ГРУПИ ВАГОНІВ		СТАНЦІЯ ПРОХОДИТЬ МАРШРУТ ПОЙДА	СТАНЦІЯ ПРИЗНАЧЕННЯ	ДАТА ТА ЧАС ПРИЙНЯТТЯ ПОЙДА НА СТАНЦІЮ ПРИЗНАЧЕННЯ		ВАРТІСТЬ ПЕРЕВІЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ВАНТАЖОВИДІГРАНКА	КІЛЬКІСТЬ ВАГОНІВ З ВАНТАЖЕМ ВАНТАЖОВИДІГРАНКА	ВІДСТАНЬ ПЕРЕВІЗЕННЯ	ЧАС В ДОРОЗІ	
1	A1	25.10.2023	00:00	–	25.10.2023	00:00	A6, A11, A12, A13, A18, A17, A16, A21	A22	25.10.2023	19:24	394618 грн	25	970 км	19ч 24м	
					25.10.2023	00:00	A6, A11, A12, A13, A18, A17, A16, A21	A22	25.10.2023	19:24	367541 грн	15	970 км	19ч 24м	
2	A5	25.10.2023	01:00	–	25.10.2023	01:00	A10, A15, A20	A25	25.10.2023	09:36	185542 грн	15	430 км	08ч 36м	
					25.10.2023	01:00	A10, A15, A20	A25	25.10.2023	09:36	172003 грн	10	430 км	08ч 36м	
3	A8	25.10.2023	01:30	–	25.10.2023	01:30	A9, A14, A13, A18, A19, A20, A15	A10	25.10.2023	16:12	205649 грн	5	710 км	14ч 42м	
					25.10.2023	01:30	A9, A14, A13, A18, A19, A20, A15	A10	25.10.2023	16:12	205649 грн	5	710 км	14ч 42м	
					A18	25.10.2023	06:00	A19, A20, A15, A10, A5, A4	A3	25.10.2023	19:36	366900 грн	35	680 км	13ч 36м
4	A11	25.10.2023	02:00	–	25.10.2023	02:00	A6, A7, A8, A9, A10, A5, A4, A3	A2	25.10.2023	19:24	347376 грн	20	870 км	17ч 24м	
					25.10.2023	02:00	A6, A7, A8, A9, A10, A5, A4, A3	A2	25.10.2023	19:24	333838 грн	15	870 км	17ч 24м	
5	A19	25.10.2023	02:30	–	25.10.2023	02:30	A24, A23, A22, A21, A16, A17, A18, A13, A12, A11	A6	26.10.2023	01:18	884875 грн	43	1140 км	22ч 48м	
6	A19	25.10.2023	02:30	–	25.10.2023	02:30	A24, A23, A22, A17, A18, A13, A12, A11	A6	25.10.2023	22:30	291977 грн	9	900 км	20ч 00м	
					A23	25.10.2023	05:00	A22, A17, A18, A13, A12, A11, A6, A7, A8	A3	26.10.2023	01:54	206823 грн	4	970 км	20ч 54м
					A17	25.10.2023	08:30	A18, A13, A12, A11, A6, A7, A8	A3	26.10.2023	00:54	147841 грн	4	795 км	16ч 24м
					A17	25.10.2023	08:30	A18, A13, A12, A11, A6, A7, A8	A3	26.10.2023	00:54	150620 грн	5	795 км	16ч 24м
7	A20	25.10.2023	03:00	–	25.10.2023	03:00	A19, A14, A9, A8	A7	25.10.2023	11:54	190597 грн	15	445 км	08ч 54м	
					25.10.2023	03:00	A19, A14, A9, A8	A7	25.10.2023	11:54	196012 грн	17	445 км	08ч 54м	
					A6	25.10.2023	13:30	A11, A12	A13	25.10.2023	20:42	298249 грн	20	360 км	07ч 12м
8	A6	25.10.2023	03:30	–	25.10.2023	03:30	A11, A12, A13, A18, A17, A16, A21, A22, A23	A24	26.10.2023	00:00	747787 грн	21	1025 км	20ч 30м	
9	A23	25.10.2023	05:00	–	25.10.2023	05:00	A22, A21, A16, A17, A18, A19, A20, A15, A10, A5, A4	A3	26.10.2023	04:48	913164 грн	41	1190 км	23ч 48м	
10	A19	25.10.2023	05:30	–	25.10.2023	05:30	A14, A9	A4	25.10.2023	11:00	307217 грн	45	275 км	05ч 30м	
11	A2	25.10.2023	06:30	–	25.10.2023	06:30	A7, A8, A9, A14, A19, A24, A23	A22	25.10.2023	21:12	253309 грн	17	685 км	14ч 42м	
					A7	25.10.2023	07:00	A8, A9, A14, A19, A24, A23	A22	25.10.2023	20:00	236312 грн	25	625 км	13ч 00м
					A14	25.10.2023	10:30	A19, A24, A23	A22	25.10.2023	18:18	93188 грн	2	390 км	07ч 48м
12	A1	25.10.2023	07:30	–	25.10.2023	07:30	A2, A3, A4, A5, A10	A15	25.10.2023	19:00	275028 грн	30	575 км	11ч 30м	
					25.10.2023	07:30	A2, A3, A4, A5, A10	A15	25.10.2023	19:00	234412 грн	15	575 км	11ч 30м	
13	A12	25.10.2023	08:00	–	25.10.2023	08:00	A17, A22, A21, A16, A11, A6, A7, A8, A3, A2	A1	26.10.2023	06:18	334961 грн	15	1090 км	22ч 18м	
					25.10.2023	08:00	A17, A22, A21, A16, A11, A6, A7, A8, A3, A2	A1	26.10.2023	06:18	337669 грн	16	1090 км	22ч 18м	
					A22	25.10.2023	10:00	A21, A16, A11, A6, A7	A8	25.10.2023	23:00	159945 грн	5	650 км	13ч 00м
14	A18	25.10.2023	09:00	–	25.10.2023	09:00	A19, A20, A15, A14, A9, A10, A5, A4, A3	A2	26.10.2023	04:54	507297 грн	5	970 км	19ч 54м	
					A9	25.10.2023	18:30	A10, A5, A4, A3, A2	A1	26.10.2023	05:30	277347 грн	24	550 км	11ч 00м
15	A24	25.10.2023	09:30	–	25.10.2023	09:30	A19, A14	A9	25.10.2023	15:48	116997 грн	4	315 км	06ч 18м	
					25.10.2023	09:30	A19, A14	A9	25.10.2023	15:48	135951 грн	11	315 км	06ч 18м	
16	A22	25.10.2023	10:00	–	25.10.2023	10:00	A21, A16, A11, A12, A17, A18, A19, A20, A15, A14, A13	A8	26.10.2023	09:36	863099 грн	25	1180 км	23ч 36м	
17	A14	25.10.2023	10:30	–	25.10.2023	10:30	A9, A4, A5, A10, A15, A20, A19, A18, A17, A16, A21	A22	26.10.2023	10:12	896255 грн	36	1185 км	23ч 42м	
18	A3	25.10.2023	11:00	–	25.10.2023	11:00	A8, A9, A4, A5, A10, A15, A14, A13, A18	A23	26.10.2023	03:24	250298 грн	19	795 км	16ч 24м	
					25.10.2023	11:00	A8, A9, A4, A5, A10, A15, A14, A13, A18	A23	26.10.2023	03:24	253006 грн	20	795 км	16ч 24м	
					A4	25.10.2023	13:00	A5, A10, A15, A14, A13, A18, A23	A24	26.10.2023	02:54	206007 грн	5	695 км	13ч 54м
19	A15	25.10.2023	11:30	–	25.10.2023	11:30	A20, A19, A14, A9, A8, A7, A6, A11, A16	A21	26.10.2023	08:30	186720 грн	10	1000 км	21ч 00м	
					25.10.2023	11:30	A20, A19, A14, A9, A8, A7, A6, A11, A16	A21	26.10.2023	08:30	181305 грн	8	1000 км	21ч 00м	
					25.10.2023	11:30	A20, A19, A14, A9, A8, A7, A6, A11, A16	A21	26.10.2023	08:30	173182 грн	5	1000 км	21ч 00м	
					A20	25.10.2023	12:00	A19, A14, A9, A8, A7, A6, A11, A16	A21	26.10.2023	06:12	167153 грн	12	885 км	18ч 12м
20	A13	25.10.2023	12:30	–	25.10.2023	12:30	A14, A15, A10, A5, A4, A9, A8, A3, A2, A7, A12, A11	A6	26.10.2023	12:06	868515 грн	27	1180 км	23ч 36м	
					25.10.2023	12:30	A14, A15, A10, A5, A4, A9, A8, A3, A2, A7, A12, A11	A6	26.10.2023	12:06	830607 грн	13	1180 км	23ч 36м	
22	A4	25.10.2023	13:00	–	25.10.2023	13:00	A5, A10, A15, A20, A19, A18, A17, A16, A21, A22, A23	A24	26.10.2023	12:42	866470 грн	25	1185 км	23ч 42м	
23	A9	25.10.2023	18:30	–	25.10.2023	18:30	A14, A13, A18, A23, A22, A21, A16, A17, A12, A11, A6	A1	26.10.2023	18:18	853594 грн	19	1190 км	23ч 48м	
24	A1	25.10.2023	19:30	–	25.10.2023	19:30	A6, A11, A12, A7, A2, A3, A4	A5	26.10.2023	12:18	239309 грн	11	815 км	16ч 48м	
					25.10.2023	19:30	A6, A11, A12, A7, A2, A3, A4	A5	26.10.2023	12:18	269094 грн	22	815 км	16ч 48м	
					A11	25.10.2023	23:00	A12, A7, A2, A3, A4, A5	A10	26.10.2023	12:18	201513 грн	5	665 км	13ч 18м
25	A10	25.10.2023	20:00	–	25.10.2023	20:00	A5, A4, A9, A14, A19	A24	26.10.2023	07:18	151320 грн	9	565 км	11ч 18м	
					25.10.2023	20:00	A5, A4, A9, A14, A19	A24	26.10.2023	07:18	178397 грн	19	565 км	11ч 18м	
					25.10.2023	20:00	A5, A4, A9, A14, A19	A24	26.10.2023	07:18	164859 грн	14	565 км	11ч 18м	
26	A5	25.10.2023	20:30	–	25.10.2023	20:30	A10, A9, A8, A7, A6, A11, A12	A13	26.10.2023	12:42	291954 грн	7	810 км	16ч 12м	
					25.10.2023	20:30	A10, A9, A8, A7, A6, A11, A12	A13	26.10.2023	12:42	294661 грн	8	810 км	16ч 12м	
27	A8	25.10.2023	21:00	–	25.10.2023	21:00	A7, A2, A3, A4, A5, A10, A15, A20, A19, A18, A17	A16	26.10.2023	20:36	857684 грн	23	1180 км	23ч 36м	
28	A16	25.10.2023	22:00	–	25.10.2023	22:00	A17, A18, A13, A12, A11, A6	A7	26.10.2023	13:48	282505 грн	6	790 км	15ч 48м	
					25.10.2023	22:00	A17, A18, A13, A12, A11, A6	A7	26.10.2023	13:48	312290 грн	17	790 км	15ч 48м	
29	A11	25.10.2023	23:00	–	25.10.2023	23:00	A16, A21, A22, A23, A18, A17, A12, A13, A14, A9, A4, A5	A10	26.10.2023	22:36	841438 грн	17	1180 км	23ч 36м	
30	A19	25.10.2023	23:30	–	25.10.2023	23:30	A14, A9, A8, A7	A2	26.10.2023	07:36	177116 грн	15	405 км	08ч 06м	
					25.10.2023	23:30	A14, A9, A8, A7	A2	26.10.2023	07:36	217731 грн	30	405 км	08ч 06м	

Рисунок 4.2 – Результати розрахунку плану добової роботи залізничної компанії-перевізника

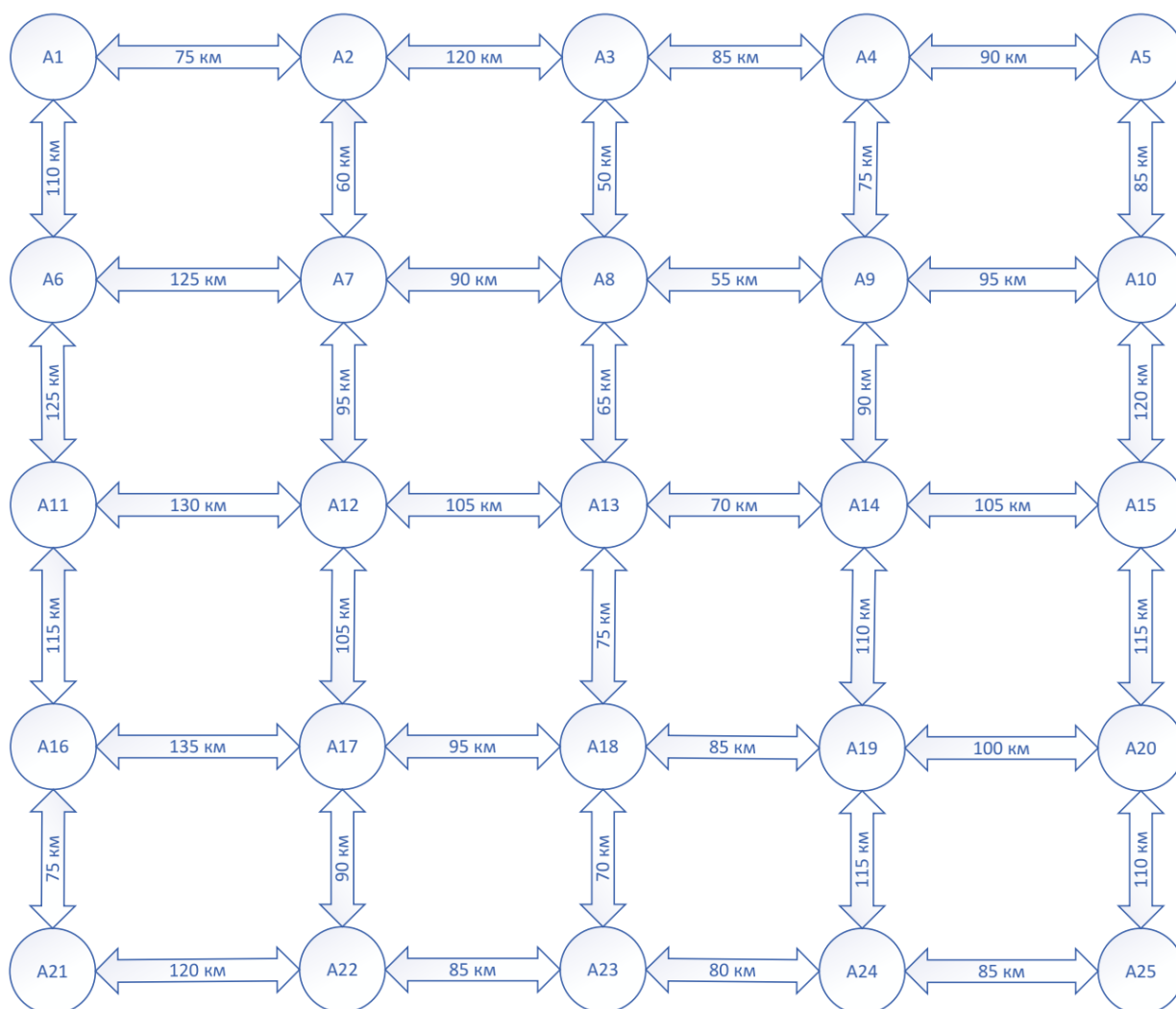


Рисунок 4.3 – Матриця-полігон умовної залізничної мережі

Зовнішній вигляд інтерфейсу відповідної діючої СППР наведено на рисунку 4.4. Зважаючи, що схоже програмне забезпечення працює, можна назвати дану модель автоматизації технології роботи компанії-перевізника адекватним прототипом для української залізничної мережі в умовах конкуренції.

Таким чином, методологія побудови єдиного інформаційного середовища «АТ Укрзалізниця – компанія-перевізнак» повинна базуватися на взаємодії автоматизованих систем управління технологічними процесами АСК ВП УЗ-Є та СППР-ДЛ із розширенням комплексу задач, що вирішуються як на рівні станції, так і на рівні філії компанії-перевізника.

Панель диспетчера-логіста

1. Панель поїзда

2. Планована дата відправлення та прибуття поїзда Фактична дата відправлення та прибуття поїзда

3. Основні робочі точки (станції) поїзда (наприклад, прив'язка, випуск вагонів, маневри тощо)

4. Диспетчер має актуальну інформацію про стан поїзда (локомотив, вагони, задіяні в перевезенні, номери замовлень, години роботи кожного локомотива та вагона, скани документів).

5. Електронні документи (на кожному етапі менеджер може перевірити статус реалізації кожного документа, перегляд документа): накладна, список вагонів у поїзді - натурний лист, гальмівний тест

Nr dokumentu	Stacja nadania	Stacja przeznaczenia	Status	Typ dokumentu	R7 dla PK	Obcy dokument R7	Kierunek	Kraj	Km	Netto	Brutto	Wag.ład	Data zaakceptowania	Data zamknięcia	Data utworzenia	Data modyfikacji	Utworzył	
1508/2021	Ostrava-Kunovice	GDĄŃSK PORT PÓŁNOCN...	Przygo...	LP			Krajowy			1 785,85	2 559,00	34	2021-06-14 00:14	2021-06-14 09:20	2021-06-13 23:52	2021-06-13 23:52	Konopa Patrycja	
4866/2021	ZEBRZYDOWICE (GR)	GDĄŃSK PORT PÓŁNOCN...	Zabier...	LP			Krajowy			1 785,85	2 559,00	34	2021-06-14 00:14	2021-06-14 07:10	2021-06-13 23:55	2021-06-14 13:34	Konopa Patrycja	
4870/2021	NOWY BIERUŃ	ZDUŃSKA WOLA KARSZN...	Zamkni...	R7	PK_454014-5...		Wjazd do Polski	Polska	55,493									
4881/2...	ZDUŃSKA WOLA KA...	GDĄŃSK PORT PÓŁNOCN...	Zabier...	R7			Krajowy	Polska	192,008									
4881/2...	ZDUŃSKA WOLA KA...	GDĄŃSK PORT PÓŁNOCN...	Zabier...	R7			Krajowy	Polska	362,105									

Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд панелі діючої СППР-ДЛ

В перспективі для компанії -перевізника за пріоритетами комплекс управлінських і технологічних задач може бути розділено на два рівні – стратегічний і оперативний відповідно до яких повинні бути сформовані головний центр управління та місцевий центр управління рівня філії. При формуванні даної автоматизованої системи слід враховувати не тільки економію від застосування більш раціональної технології використання локомотивного та вагонного парків, але й ефект від застосування більш раціональних маршрутів прямування, що відповідає концепції «зеленої» логістики.

Схему автоматизації управління процесом функціонування залізничної компанії-перевізника в умовах інформаційної взаємодії із АСК ВП УЗ-Є за логістичною технологією представлено на рисунку 4.5.

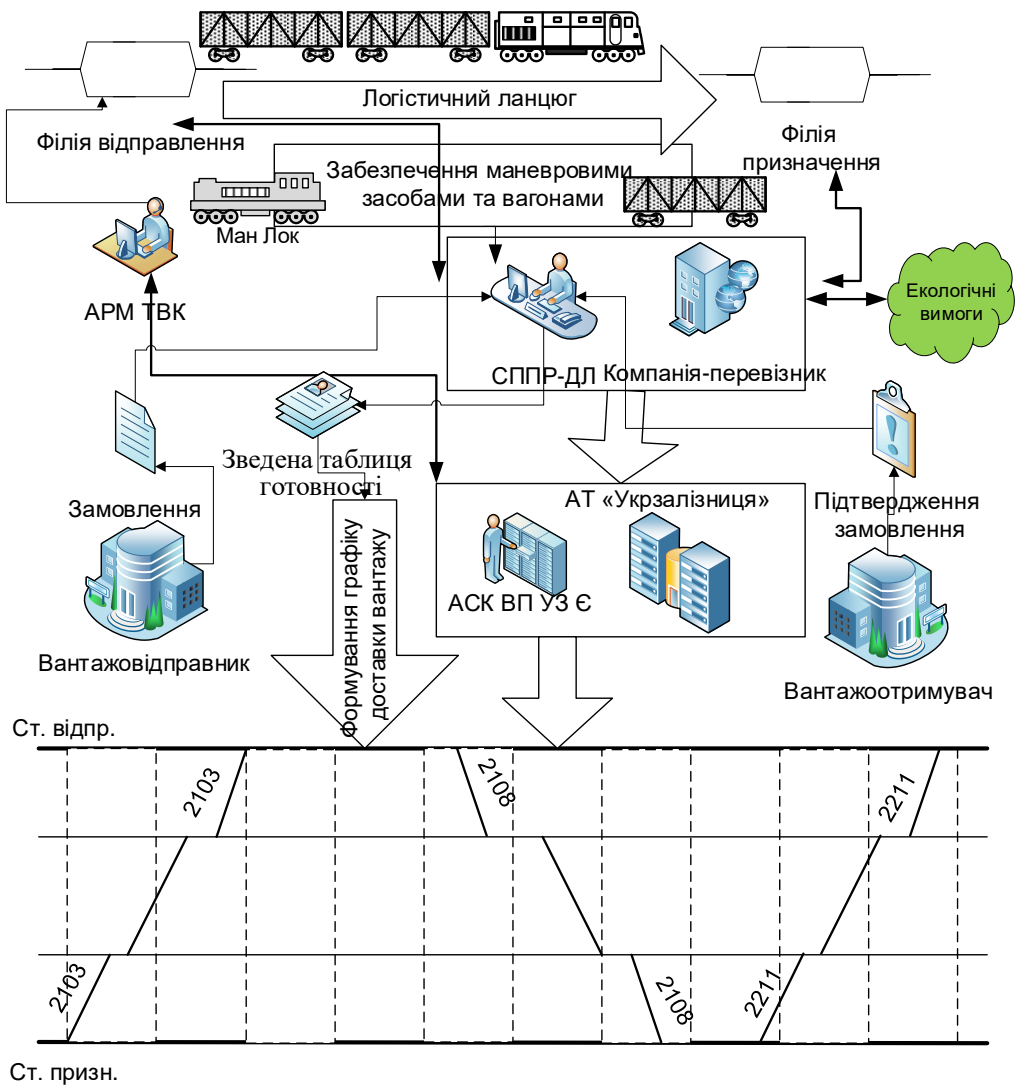


Рисунок 4.5 - Схема автоматизації управління процесом функціонування залізничної компанії-перевізника в умовах інформаційної взаємодії із АСК ВП УЗ-Є

Оперативний працівник має можливість за допомогою програмного забезпечення СППР-ДЛ отримати інформацію стосовно експлуатаційних витрат конкретного поїзду при заданій тривалості простою на станціях виконання технологічних операцій. Приклад розрахунку оптимальних експлуатаційних витрат на перевезення вантажу для умовного полігону наведено у вигляді таблиці 4.1. В даній таблиці відображаються наступні дані:

- інтервал часу на додатковий простій поїзда на станціях виконання технологічних операцій (окрім станцій призначення) з можливістю задавати крок тривалості цього інтервалу;

- порядковий номер поїзда;
- кількість зупинок на станціях, яку робить поїзд по раціональному маршруту слідування, який визначається автоматично;
- мінімальні експлуатаційні витрати по варіантах маршрутів слідування поїзда.

Таблиця 4.1 - Оптимальні експлуатаційні витрати на перевезення вантажу

Тривалості простою на станціях	Швидкість доставки вантажу у вигляді максимальної кількості зупинок на шляху прямування				
	0	1	2	3	4
30	5725971	10669197	10920123	11392870	11392870
45	5725971	11720564	11971490	12444237	12444237
60	5761292	12833474	14028674	14501420	14501420
75	5761292	13178010	15346097	15818844	15818844
90	5776164	13312914	17455600	18406145	18406145
105	5776164	13217968	17663525	18614069	18614069
120	5783600	13294534	18520285	19470829	19470829
135	5792895	13469146	18694897	19645441	19645441
150	5818921	13334130	19358591	20309136	20309136
165	5826357	13295483	18960195	19910740	19910740
180	5833793	13175208	19379214	21217376	21217376

4.2. Визначення та аналіз результатів розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізника

З метою визначення ефективності технології доставки вантажів компаніями-перевізниками в умовах конкуренції проведено порівняння технологічних показників на підставі результатів моделювання на дослідному умовному полігоні, що наведено у додатку II. На рисунку 4.6 наведено порівняння вартості вагоно-кілометру E_b вагону у складі поїзду в залежності від перевізника. Встановлено, що для поїзду, що прямує за певним маршрутом та з однаковою кількістю вагонів, вартість вагоно-кілометру пробігу вагону суттєво відрізняється при виконанні перевезення АТ Укрзалізниця та компанією-перевізником, що зведено до таблиці 4.2.

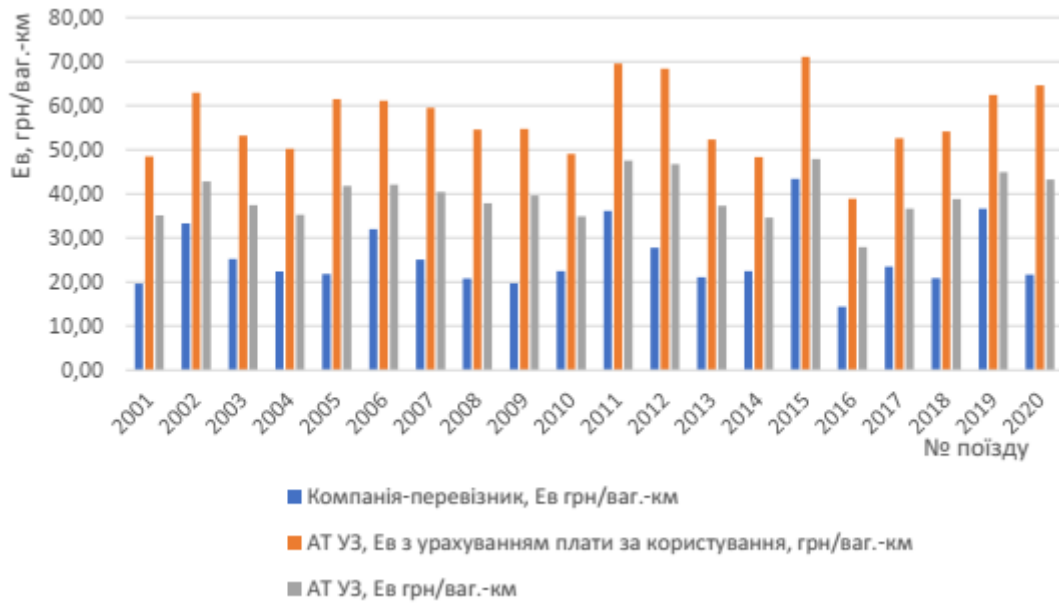


Рисунок 4.6 – Порівняння вартості вагоно-кілометру E_v вагону у складі поїзду в залежності від перевізника

Таблиця 4.2 - Порівняння вартості вагоно-кілометру E_v вагону у складі поїзду

Показник	Компанія-перевізник, $e_v^П$, грн/ваг.-км	АТ УЗ, $e_{ВП}^{УЗ}$ з урахуванням плати за користування, грн/ваг.-км	АТ УЗ, $e_v^{УЗ}$, грн/ваг.-км
Математичне очікування	25,50	56,88	39,63
Стандартна помилка	1,60	1,86	1,14
Медіана	22,46	54,64	39,20
Стандартне відхилення	7,18	8,31	5,09
Дисперсія вибірки	51,51	69,11	25,87
Коефіцієнт варіації	0,28	0,15	0,13
Інтервал	28,96	32,17	19,98
Мінімум	14,42	38,91	27,88
Максимум	43,37	71,08	47,86

Встановлено, що вартість вагоно-кілометру компанії-перевізника ($e_v^П$) залежить від швидкості доставки вантажу у вигляді максимальної кількості зупинок на шляху прямування. В той же час за інших технологічно рівних умов вартість вагоно-

кілометру при виконанні перевезення АТ Укрзалізниця ($e_{ВП}^{УЗ}$) з урахуванням плати за користування вагонами у середньому вище у 1,23 рази, а вартість вагоно-кілометру при виконанні перевезення АТ Укрзалізниця ($e_{В}^{УЗ}$) без плати за користування – у середньому на 35,36% у порівнянні із компанією-перевізником. Цю різницю можна обумовити наявністю на АТ Укрзалізниця великої кількості недіючого рухомого складу, малодіяльної інфраструктури та великого штату працівників, частка витрат на утримання яких входять до вартості транспортних послуг.

За послуги з перевезення вантажів компанією-перевізником не передбачено плату за використання вагонів, оскільки вона вже врахована при розрахунку собівартості послуг, що надаються вантажовласнику, та входить до вартості цієї послуги. Порівняння цих показників наведено на рисунку 4.7 на прикладі універсального піввагону.

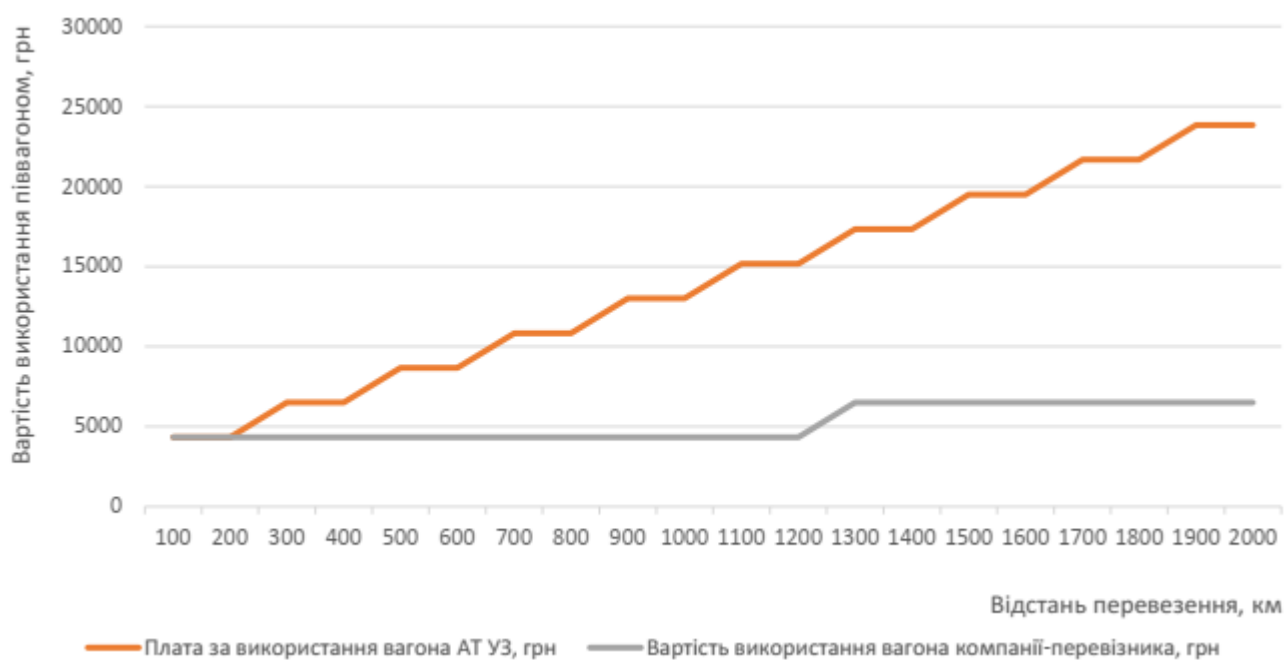


Рисунок 4.7 – Порівняння плати за використання вагону АТ Укрзалізниця та компанії-перевізника в залежності від відстані перевезення (на прикладі піввагону)

Аналіз показує, що на невеликих відстанях (до 400 км) вартість використання вагону для вантажовласника не відрізняється суттєво. Із зростанням відстані перевезення різниця у вартості використання вагону може бути у два та більше разів.

Тому можливо зробити висновок про можливість отримання скорочення експлуатаційних витрат на рівні 9...38% в залежності від маршруту прямування та швидкості доставки на користь компанії-перевізника, а також про невідповідність умовам конкурентного транспортного ринку стягнення АТ Укрзалізниця плати за користування вагонами у діючому обсязі на відстані перевезення понад 400 км.

На підставі даних додатку II та таблиці 4.1 побудовано поверхні відгуку (рисунок 4.8 та рисунок 4.9) з метою аналізу результатів моделювання за наведеними у попередніх розділах моделях.

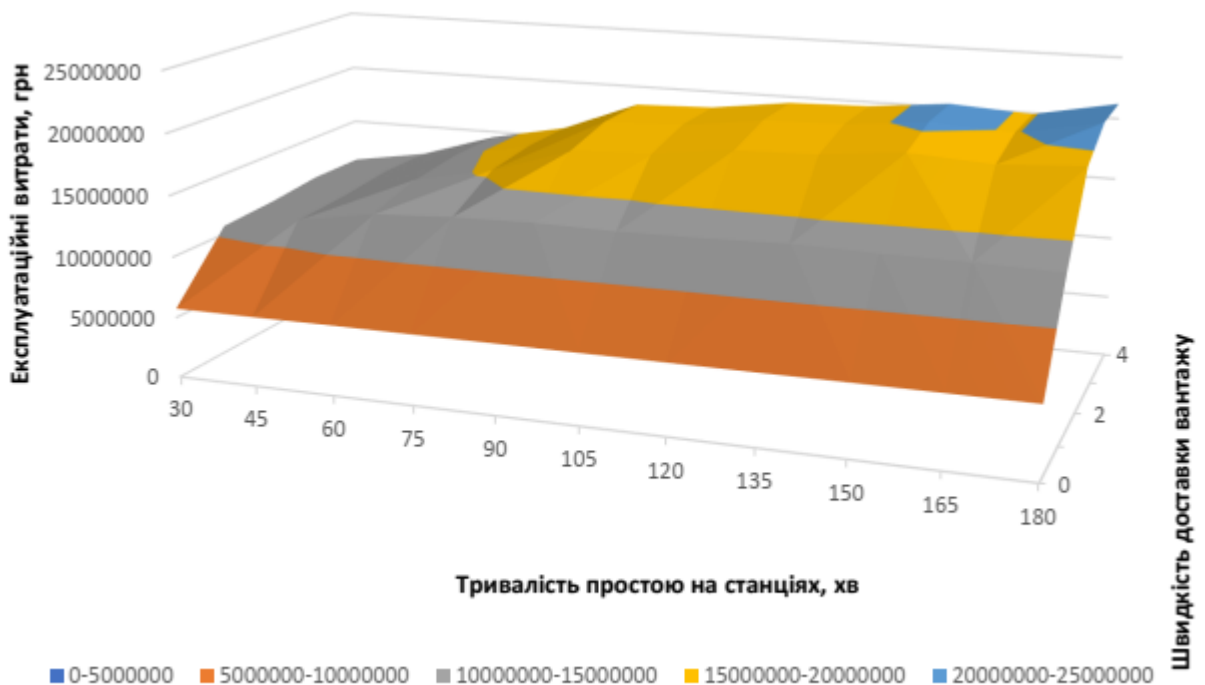


Рисунок 4.8 – Поверхня відгуку результатів визначення загальної вартості оптимального плану перевезень

Поверхні відгуку містять інформацію щодо прийняття раціонального технологічного рішення щодо формування добового плану перевезень компанією-перевізником та можуть бути використаними при формуванні СППР-ДЛ.

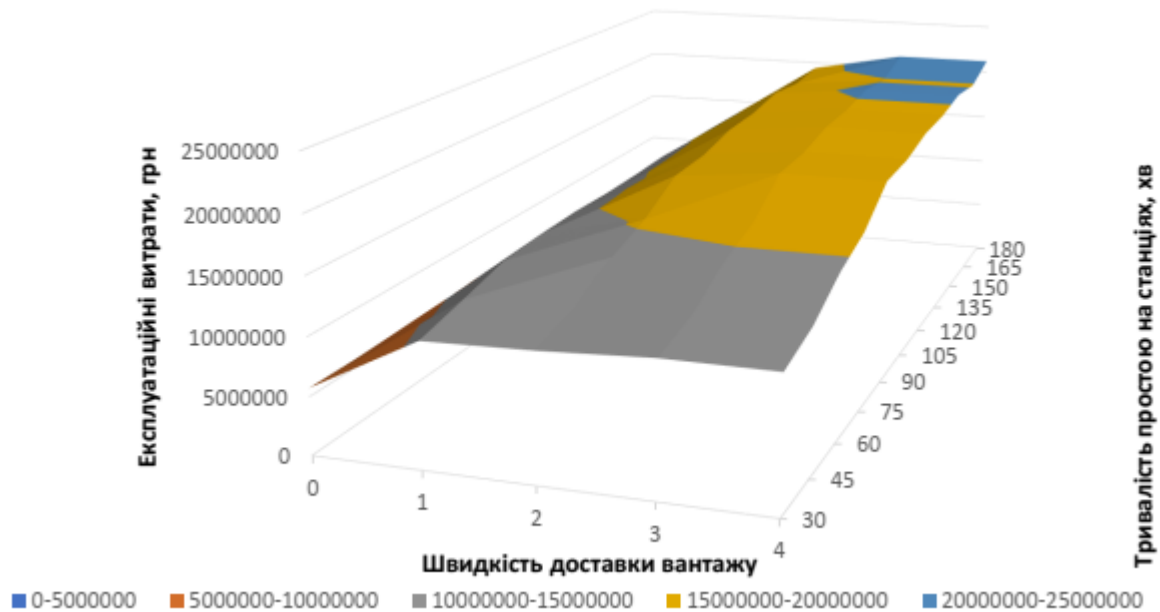


Рисунок 4.9 – Поверхня відгуку результатів визначення загальної вартості оптимального плану перевезень (варіант)

Точки, що знаходяться поза поверхні, надають технологічний результат, який є гіршим за критерієм рівня витрат на перевезення з урахуванням екологічного критерію. Результати досліджень показали, що перевезення вантажів без зупинок та з мінімальним простоем поїздів на станціях має найменші експлуатаційні витрати (0 зупинок та 0 хвилин простою), що відповідає технологічній логіці перевізного процесу та частково свідчить про адекватність отриманого результату. Але треба зазначити, що в реальності дані показники досягти майже неможливо внаслідок наступних технологічних обмежень. По-перше, не можливо, щоб кожному вантажовідправнику окремо надавався локомотив для перевезення його вантажу від станції відправлення до станції призначення. По-друге, не кожний вантажовідправник може оплатити окреме перевезення вантажу у вигляді маршрутної відправки. По-третє, АТ Укрзалізниця не зможе надати нескінченну кількість ниток графіку одній компанії для перевезення маршрутних доставок.

На підставі аналізу поверхні відгуку (рисунок 4.8 та 4.9) зроблено висновок, що із реальних варіантів доставки вантажу зі станції відправлення до станції призначення

раціональним буде такий, який має загальну тривалість простою поїздів на станціях не більш, ніж 45 хвилин, та з однією зупинкою на шляху прямування.

Результати розрахунку плану добової роботи залізничної компанії-перевізника (рисунок 4.2) показують, що кількість вантажовідправників в одному маршруті поїзда може сягати шести. Це обумовлено тим, що компанія-перевізник надає можливість заощадити на перевезенні вантажів на одному маршруті руху поїзда за рахунок розподілу умовно-постійних витрат на перевезення між рекомендованою кількістю вантажовідправників-учасників перевезення. Запропонований у роботі підхід передбачає, що витрати на перевезення вантажів розподіляються пропорційно в залежності від кількості вагонів та відстані їх прямування у складі поїзду кожного вантажовідправника, тобто за сумарними вагоно-кілометрами у складі поїзду.

4.3. Визначення та аналіз результатів розрахунку постачання вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні на основі «зеленої» логістики

4.3.1. Кількісна оцінка шкідливих викидів з урахуванням значень нечіткого екологічного критерію

З метою оцінки шкідливих викидів у довкілля при перевезенні контейнерів при унімодальних та мультимодальних перевезень запропоновано оцінити значення нечіткого екологічного критерію в залежності від нечітких термів «відстань перевезення» та «розмір викидів CO₂». Вочевидь, кількість термів може бути збільшено, що покращить точність отриманого результату.

Аналіз розмірів викидів (для залізничної частини перевезення) дає можливість встановити три стійкі сегменти, які умовно можна розділити на «високі», «середні» та «малі». Таким чином, отримані терми лінгвістичної змінної $V_{11} = \langle \text{високі} \rangle$, $V_{21} = \langle \text{середні} \rangle$ і $V_{31} = \langle \text{низькі} \rangle$ на нечіткій множині $\bar{V}_1 = \langle \text{розмір викидів CO}_2 \rangle$, функції приналежності яких встановлено методом експертних оцінок, та наведено на рисунку 4.10. Процедуру формування нечіткого критерію екологічного критерію наведено у додатку К.

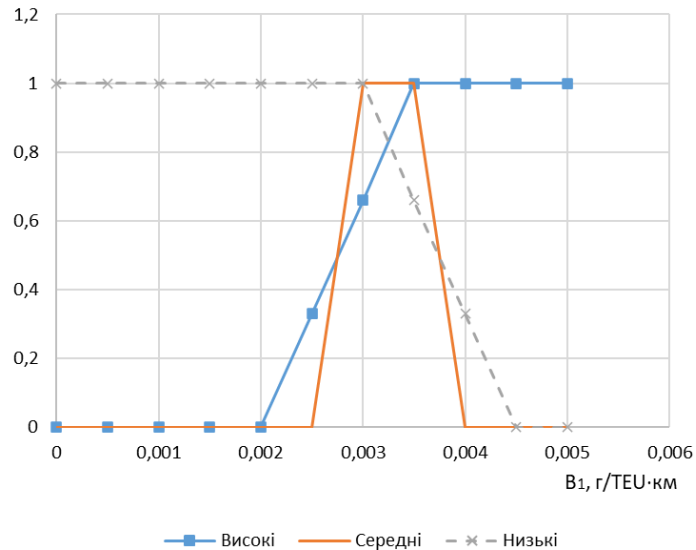


Рисунок 4.10 – Функції приналежності нечіткій множині $\bar{B}_1 = \langle \text{розмір викидів } CO_2 \rangle$

Аналогічним чином встановлено функції приналежності для множини терму $\bar{B}_2 = \langle \text{відстань перевезення} \rangle$ та для множини $\bar{B}_M = \langle \text{екологічний критерій} \rangle$. Таким чином, нечітка сукупність лінгвістичних висловлень, яку можливо покласти в основу моделі оцінки ефективності логістичного ланцюгу, буде мати вигляд

$$\hat{B}_M = \begin{cases} B_1: \langle B_{11} \wedge B_{12} \rangle \rightarrow \langle B_{11}^* \wedge B_{12}^* \rangle \\ B_2: \langle B_{21} \wedge B_{22} \rangle \rightarrow \langle B_{21}^* \wedge B_{22}^* \rangle, \\ B_3: \langle B_{31} \wedge B_{32} \rangle \rightarrow \langle B_{31}^* \wedge B_{32}^* \rangle \end{cases} \quad (4.1)$$

Результати виконання (3.10) на (4.1) при різній відстані мультимодальних перевезень ($L=200$ км та $L=300$ км) наведено на рисунку 4.11. Докладніше процес здійснення висновку наведено у додатку К. Він свідчить про те, що зі збільшенням відстані перевезення питома значення сплати екологічного податку зменшується.

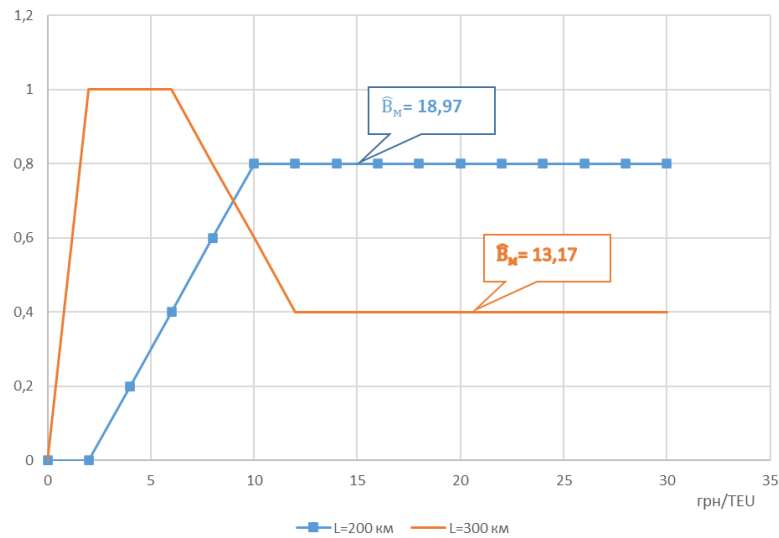


Рисунок 4.11 – Результат нечіткого виводу значень нечіткого екологічного критерію \hat{V}_M при відстані мультимодальних перевезень 200 та 300 км

Отриманий результат свідчить про те, що значення екологічного критерію \hat{V}_M зі зменшенням відстані перевезення погіршується, а його вплив на загальну вартість перевезення – збільшується. Очевидно, що запропонований підхід є досить універсальним і має можливість розширення та уточнення шляхом введення нових термів та висловлювань.

Здійснено оцінку значень запропонованого нечіткого екологічного критерію для уні- та мультимодального перевезення вантажів (рисунок 4.12).

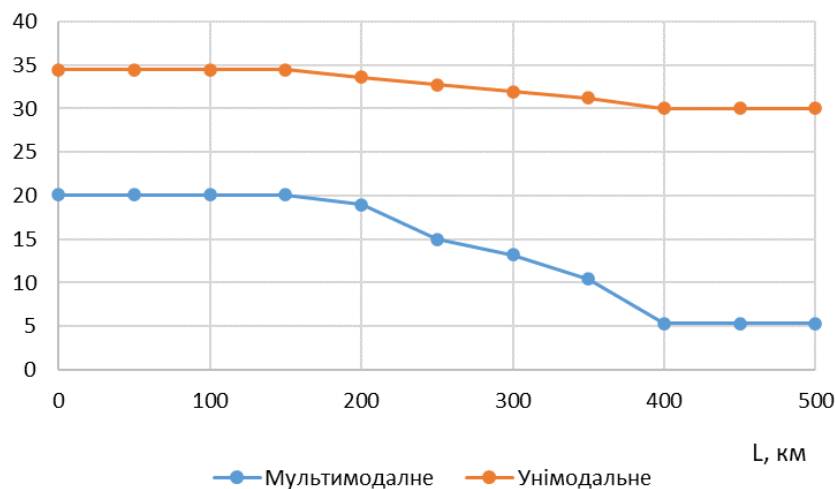


Рисунок 4.12 – Оцінка значень нечіткого екологічного критерію \hat{V}_M при в залежності від відстані перевезень для уні- та мультимодального перевезення

Аналіз значень нечіткого екологічного критерію \widehat{B}_m в залежності від відстані перевезень для уні- та мультимодального перевезення доводить ефективність мультимодального варіанту перевезень за екологічним критерієм: в залежності від відстані збільшення розміру питомого екологічного податку при унімодальному перевезенні складає від 71% до 467%.

Здійснено кількісну оцінку шкідливих викидів CO₂ у довкілля у грошовому еквіваленті (€/TEU, де: € - гривня; TEU – еквівалент 20-футового вантажного контейнера) при перевезенні контейнерів унімодальним видом сполучення (автотранспортом) та мультимодальним видом – контрейлерним способом із залученням залізниці за маршрутами доставки основними вітчизняними контейнерними поїздами за формулами (3.2) і (3.3). Розрахунок є придатним для прийняття стратегічного рішення щодо способу перевезень. Результати розрахунків зведено до таблиці 4.3, з урахуванням відмінностей у екологічному податковому законодавстві різних країн.

Таблиця 4.3 - Оцінка вартості шкідливих викидів CO₂ у довкілля за існуючими маршрутами перевезень

Маршрут прямування, відстань та розрахункова тривалість і вартість викидів на шляху прямування	Частини маршрутів перевезень територією <i>i</i> -ї держави та вартісна оцінка викидів CO ₂ при перевезенні по ним				Всього
	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6
«Вікінг» - поїзд комбінованого транспорту: Литва – Білорусь – Україна	Одеса-Бережесьь (Україна)	Бережесьь-Гудогай (Білорусь*)	Гудогай-Клайпеда (Литва)		
Відстань перевезення, км, при загальній його тривалості $t_{пр} = 59$ год.	905	511	350		1766
Вартість мультимодального перевезення, €/TEU	4,22	-	55,86		60,08

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
Вартість автоперевезення, $\$/\text{TEU}$	59,53	960,00 *	322,30		381,83
«ZUBR» - контейнерний поїзд: Естонія – Латвія – Білорусь – Україна	Одеса-Бережесь (Україна)	Бережесь-Бигосово (Білорусь*)	Бигосово-Валга (Латвія)	Валга – Таллінн (Естонія)	
Відстань перевезення, км, при $t_{\text{пр}}=84$ год.	905	637	387	233	2162
Вартість мультимодального перевезення, $\$/\text{TEU}$	4,22	-	4,04	22,07	30,33
Вартість автоперевезення, $\$/\text{TEU}$	59,53	960,00 *	356,37	85,82	501,72
«Хрещатик» - контейнерний поїзд: Одеса-Порт (експ.) – Київ-Ліски	Одеса	Одеса-Київ	Київ-Ліски		
Відстань перевезення, км, при $t_{\text{пр}}=24$ год.		697			697
Вартість мультимодального перевезення, $\$/\text{TEU}$	3,72	0,42	3,72		7,85
Вартість автоперевезення, $\$/\text{TEU}$	-	45,85	-		45,85
Одеса – Харків - контейнерний поїзд: Одеса-Порт (експ.) – Харків-Ліски	Одеса	Одеса-Харків	Харків-Ліски		
Відстань перевезення, км, при $t_{\text{пр}}=23$ год.		761			761
Вартість мультимодального перевезення, $\$/\text{TEU}$	3,72	0,44	3,72		7,88
Вартість автоперевезення, $\$/\text{TEU}$	-	50,06	-		50,06

* Оскільки податок стягується у вигляді збору за транзит усього вантажного автотранспортного засобу, то цю частину прийнято однаковою незалежно від виду та відстані перевезення і у графі «всього» не враховано. З урахуванням воєнного стану в країні зараз може не застосовуватися.

На рисунку 4.13 наведено порівняння грошової оцінки плати за шкідливі викиди CO₂ у довкілля. Результати аналізу доводять, що найбільш екологічною щодо викидів CO₂ є мультимодальна технологія перевезень контейнерів: у внутрішньому сполученні вона дає економію на екологічному податку у 6,1 рази, а в міжнародному – 9,8 рази [2, 33].

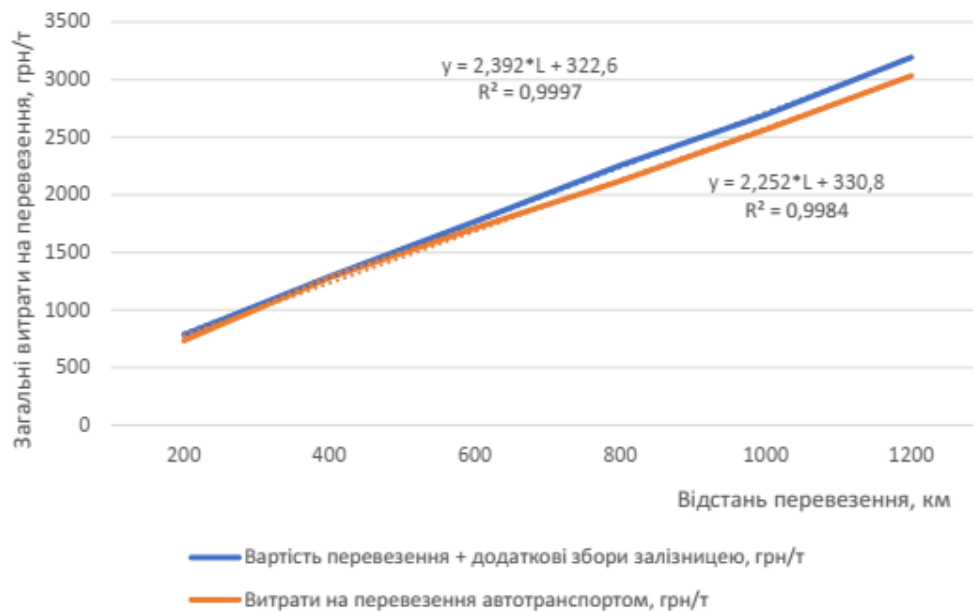


Рисунок 4.13 - Порівняльна грошова оцінка шкідливих викидів CO₂ у довкілля

Крім зазначених факторів, що впливають на забруднення атмосферного повітря, слід враховувати шкідливий вплив транспорту на стан забруднення ґрунту, шумове забруднення, стан автошляхів в наслідок експлуатації великовагових автомобілів та погіршення критеріїв безпеки. Це фактори, які сприяють доцільності мінімізації руху автомобільного транспорту за рахунок використання мультимодальних перевезень.

4.3.2. Результати розрахунків моделі ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики

Вихідні дані, тарифи на перевезення контейнерів залізничним та автомобільним транспортом та екологічні показники для вирішення задачі прийнято згідно [41].

Максимальна переробна спроможність відповідно даних [41] становить 180 ваг./добу (рисунок 3.6). Вирішення двоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування методом узагальненого наведеного градієнта для заданих обсягів перевезення на дослідному полігоні наведено у додатку Л та таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Оптимальне рішення двоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування із нечіткими критеріями перевезення вантажів на дослідному полігоні

Обсяг перевезень, TEU			Обсяг перевезень, TEU						
Термінал	Розподільчий пункт		Всього	Розподільчий пункт	Пункти призначення				Всього
	Мостиська	Шегині			Гданськ	Краков	Познань	Щецин	
Київ	50	0	50	Мостиська	80	0	0	40	120
Харків	0	60	60	Шегині	0	20	30	10	60
Одеса	70	0	70	Всього	80	20	30	50	
Всього	120	60							
Витрати на перевезення									
На першому етапі		8 261 227,61 ₴							
На другому етапі		7 213 995,80 ₴							
Загальні		15 475 223,41 ₴							

* сірим кольором виділено автомобільну частину перевезення контейнерного вантажу

Загальні мінімальні витрати на забезпечення доставки контейнерів з урахуванням екологічного критерію склали 15475223 грн протягом дослідного місяця. У базовому варіанті розподілу перевезень (додаток Л) витрати склали

15595678 грн, тобто економія від оптимізації склала 120455 грн/міс., а річна оцінка економії - 1 445 460 грн/рік [5].

Під час моделювання було проведено експеримент з визначення частки, що припадає на мультимодальний варіант доставки контейнерного вантажу в залежності від рівня завантаженості пропускної спроможності розподільчих пунктів. Встановлено, що із збільшенням пропускної спроможності автомобільних розподільчих пунктів контейнеропотік поступово переходить до унімодального автомобільного способу перевезення. Це можливо пояснити певної затримкою контейнерів під час перевантаження з вагонів колії 1520 мм до вагонів колії 1435 мм. Але при застосуванні перспективних екологічних умов та обмежень частка, що припадає на перевезення контейнерів автотранспортом, не перевищує 15% (рисунок 4.14), а із зростанням завантаженості розподільчих пунктів (пунктів переходу) ще зменшується.



Рисунок 4.14 - Визначення частки, що припадає на мультимодальний варіант доставки контейнерного вантажу

Ефект збільшення частки мультимодального способу перевезення контейнерів обумовлено тим, що забруднення атмосфери автотранспортом в очікуванні перетину кордону в пункті переходу збільшується, що в свою чергу веде до збільшення екологічного збору із автотранспорту.

За прогнозом у 2024-2050 роках загальний обсяг викидів CO₂ в секторі перевезень вантажів в Україні збільшиться в 3,9 рази. Зростання обсягу викидів CO₂ на автомобільному та залізничному транспорті до 2050 року складе відповідно 240 і 600 %. Прийняття рішень щодо впровадження «зелених» логістичних технологій перевезень вантажів та економічних маршрутів прямування можливо шляхом застосування запропонованої удосконаленої моделі.

4.4. Оцінка якості та адекватності результатів моделювання

4.4.1. Вибір показників, що характеризують якість та адекватність результатів моделювання

Якість математичних моделей та результатів моделювання в першу чергу визначається їх адекватністю. Адекватність моделей запропоновано оцінити шляхом дослідження властивостей залишкового компонента δ_i (розбіжності між фактичними і розрахунковими даними) на незалежність рівнів ряду залишків, їх випадковості та відповідності нормальному закону розподілу. Для цього використано критерій Дарбина-Уотсона з метою перевірки кореляції усередині ряду залишків. Якщо значення цього критерію має значення, близьке до 2, то властивість незалежності виконується. Значення критерію обчислено за формулою

$$\Delta_{DU} = \frac{\sum_{i=2}^T (\delta_i - \delta_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^T \delta_i^2}, \quad (4.2)$$

де δ_i – розбіжність між фактичними і розрахунковими даними у момент часу i .

T – загальний час моделювання.

Для оцінки статистичної значущості результатів моделювання, а також коефіцієнтів регресії та кореляції натурних та модельних даних розраховуються t -критерій Стьюдента та довірчі інтервали кожного з показників. Висувається гіпотеза H_0 про випадкову природу показників, тобто про незначну їх відмінність від нуля. З

метою перевірки, чи важливі параметри, тобто чи значуще вони відрізняються від нуля для генеральної сукупності використовують статистичні методи перевірки гіпотез. Як основна (нульова) гіпотеза висувають гіпотезу про незначну відмінність від нуля параметра або статистичної характеристики в генеральній сукупності. Поряд з основною (перевіреною) гіпотезою висувають альтернативну (конкуруючу) гіпотезу про нерівність нуля параметра або статистичної характеристики у генеральній сукупності. Для перевірки цієї гіпотези використовується t-критерій Стьюдента

$$t = \frac{|M_x - A|}{\sigma / \sqrt{N}} \quad (4.3)$$

де M_x – математичне очікування величини;

A – відоме значення, оцінка відхилення від якого здійснюється;

σ - стандартне відхилення дослідної величини обсягом N .

Для перевірки точності моделі запропоновано використати значення середньої відносної похибки апроксимації

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^T (r_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^T r_i^2}, \quad (4.4)$$

де r_i – значення розрахункового показника у момент часу i ;

\bar{r} - його математичне очікування.

Мінімальні обсяги вибірки з вихідних даних визначені для заздалегідь визначеної величини $\epsilon > 0$, яку не повинна перевищувати абсолютна величина різниці між вибірковою і розрахунковою середніми з імовірністю $1 - \alpha$, где α - рівень значимості. Таким чином, мінімальний обсяг вибірки складе

$$N_{\text{мин}} = \frac{u_{\text{кр}}^2 \sigma^2}{\delta^2}, \quad (4.5)$$

де σ - середньоквадратичне відхилення значень вибірки;

$u_{кр}$ – критична точка, що визначена з рівняння.

$$\Phi(u_{кр}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{u_{кр}} e^{-\frac{u_{кр}^2}{2}} du_{кр} = \frac{1-\alpha}{2}. \quad (4.6)$$

Таким чином, за формулами (4.2) - (4.6) здійснено перевірку якості отриманих математичних моделей з метою запобігання ризику прийняття невірною управлінського рішення. Перевірка показала достатню адекватність і точність запропонованих моделей.

4.4.2. Перевірка на адекватність результатів моделювання постачання вантажів компанією-перевізником у внутрішньому сполученні в умовах конкуренції

Для перевірки адекватності розрахунку вартості перевезення вантажів компанією-перевізника перш за все треба провести порівняння даних розрахунків з розрахунками, які робить АТ Укрзалізниця (таблиця 4.2).

Треба зазначити, що розрахунок вартості за перевезення вантажу для АТ Укрзалізниця розраховується виходячи з наявного до введення воєнного стану розрахунку вартості за перевезення. Формула розрахунку вартості за перевезення вантажу АТ Укрзалізниця складається з трьох частин: плати за перевезення вантажного вагону (сюди входить плата за інфраструктуру та локомотив), плати за повернення порожнього вагону та плати за використання вагона в вантажному та порожньому стані. При розрахунку вартості перевезення для АТ Укрзалізниця було прибрано складову пов'язану з перевезенням порожнього вагона, оскільки в дисертаційній роботі не розглядається перевезення приватних поїздів в порожньому стані. Тому справедливо для АТ Укрзалізниця виключити порожнє перевезення вагонів.

Для порівняння вартості перевезення вагонів АТ Укрзалізниця та компанією-перевізником було взято дані зі «зведеної таблиці готовності» (таблиця В.1). Далі ці дані введено у розроблений програмний застосунок, в результаті чого отримано для

дослідного умовного полігону дані, які наведено у додатку М. З цього додатку дані, які необхідні для оцінки якості та адекватності результатів моделювання, занесено до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Порівняння вартості перевезення вантажу компанією-перевізником та АТ Укрзалізниця

Вартість перевезення вантажу поїздом за маршрутом, грн		Вартість ваг.-км у складі поїзда за маршрутом, грн/ваг.-км	
Компанія-перевізник	АТ УЗ	Компанія-перевізник	АТ УЗ
762159	1361385	19,64	35,09
357545	459895,3	33,26	42,78
778198	1156335	25,18	37,42
681214	1073365	22,37	35,25
413024	791019,8	21,83	41,81
684858	902766,1	31,94	42,11
892057	1435781	25,09	40,38
582809	1062942	20,78	37,89
509440	1025082	19,69	39,62
832575	1292166	22,48	34,89
266545	350537,1	36,14	47,53
299700	504773,5	27,75	46,74
590934	1045908	21,04	37,25
775259	1195042	22,45	34,61
485790	536079,4	43,37	47,86
487172	942106,7	14,42	27,88
709916	1106917	23,49	36,63
494576	920197,2	20,84	38,78
311685	381989,7	36,63	44,89
394847	787804,1	21,67	43,23

На основі таблиці 4.5 побудовано кореляційне поле та за допомогою методу найменших квадратів (МНК) встановлено кореляційну залежність (рисунок 4.15) між вартістю вагоно-км у складі поїзду за маршрутом в умовах конкуренції. Особливістю та припущенням розглянутих даних є те, що у вартості перевезення вагонів АТ Укрзалізниця не враховано плату за використання вагона в вантажному русі, оскільки ця плата тільки збільшить розрив у вартості вагоно-км на користь компанії-перевізника. Вважатимемо, що e_B^{y3} є достовірною величиною, тому що розрахована

за відомою методикою, що нормативно врегульована згідно [140]. Результати розрахунку показників якості та адекватності наведено у додатку М.

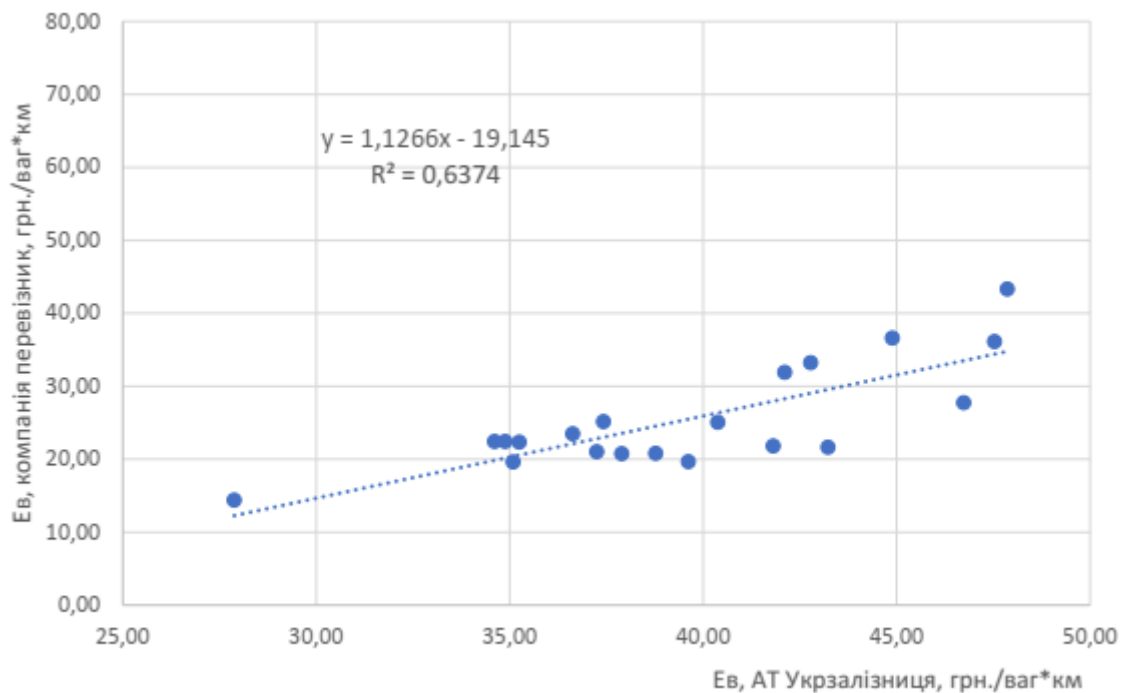


Рисунок 4.15 – Кореляційне поле вартості перевезення вантажів поїздами залізничної компанії-перевізника та АТ Укрзалізниця

Проаналізовано залежність $e_B^П$ від $e_B^{У3}$. На етапі верифікації даних було обрано парну лінійну регресію. Оцінено її параметри методом найменших квадратів у вигляді $e_B^П = 1,266 \cdot e_B^{У3} + 19,145$.

Статистична значущість рівняння, яке побудовано на результатах моделювання, перевірена за допомогою коефіцієнта детермінації та критерію Фішера. Встановлено також, що параметри моделі статистично значущі. Лінійний коефіцієнт кореляції дорівнює 0,798, отже, зв'язок між ознакою $e_B^П$ та фактором $e_B^{У3}$ є високим, що підтверджує його важливість.

Значення помилки апроксимації результатів апроксимації дорівнюють 6,46%, говорить про хорошу якість знайденої моделі. Статистична значущість результатів підтверджується розрахунком t-статистики Критерій Стюдента.

За критерієм Дарбіна-Уотсона встановлено, що автокореляція залишків відсутня.

Перевірка нормальності розподілу залишкової компоненти результатів моделювання показала, що модель адекватна нормальності розподілу залишкової компоненти. На рисунку 4.16 наведено гістограму розподілу залишкової компоненти результатів моделювання, які розподілені за нормальним законом розподілу із

функцією щільності розподілу $f(x) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{(x-14.128)^2}{4.368}\right)}}{4.3698\sqrt{2\pi}}$.

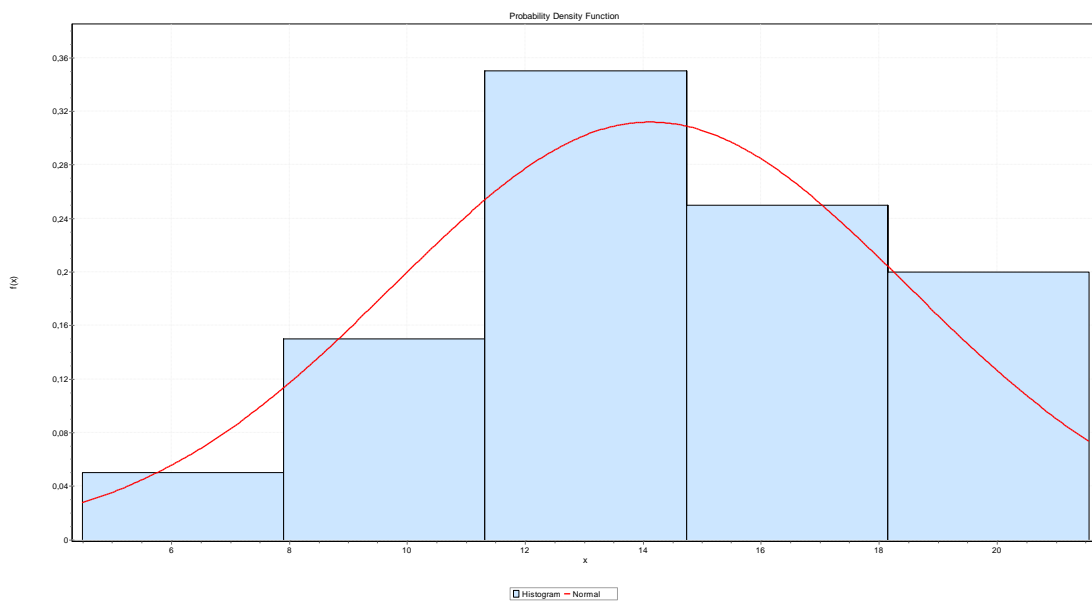


Рисунок 4.16 – Гістограма розподілу залишкової компоненти результатів моделювання

Нормальність розподілу залишкової компоненти результатів моделювання перевірено за допомогою критерію згоди χ^2 Пірсона.

Детальні розрахунки показників перевірки на адекватність результатів моделювання постачання вантажів компанією-перевізником у внутрішньому сполученні в умовах конкуренції наведено у додатку М. Перевірка показала достатню адекватність результатів моделювання.

4.4.3. Перевірка на адекватність результатів моделювання постачання вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні на основі «зеленої» логістики

Тарифи на перевезення контейнерів залізничним та автомобільним транспортом взято відповідно даних [41] та апроксимовано лінійною функцією із відносною похибкою нижче 1% (рисунок 4.17) [5].

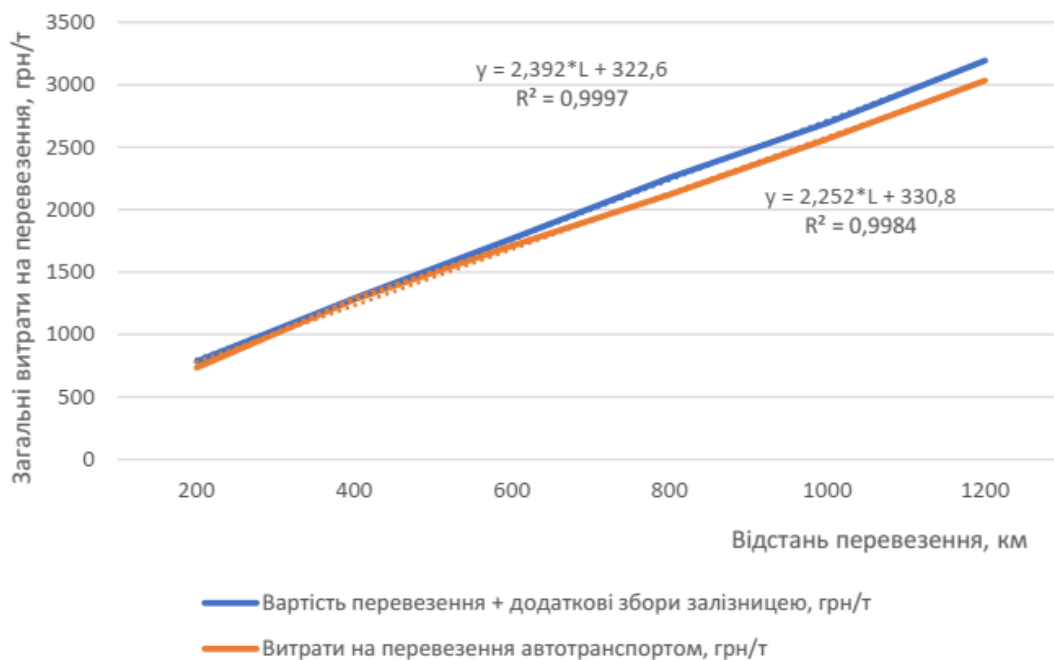


Рисунок 4.17 - Визначення рівня витрат на перевезення 1т вантажу у контейнерах залізницею та автотранспортом

4.5 Висновки до четвертого розділу

1. Технологічно-економічну модель розрахунку параметрів перевезення вантажів кожного вантажовідправника з урахуванням часу руху поїзда та відстані доставки запропоновано покласти в основу програмного забезпечення СППР-ДЛ компанії-перевізника із розробкою прототипу програмного забезпечення. Методологія побудови єдиного інформаційного середовища «АТ Укрзалізниця – компанія-перевізник» повинна базуватися на взаємодії автоматизованих систем управління технологічними процесами АСК ВП УЗ-Є та СППР-ДЛ із розширенням комплексу

задач, що вирішуються як на рівні станції, так і на рівні філії компанії-перевізника. В перспективі для компанії-перевізника за пріоритетами комплекс управлінських і технологічних задач може бути розділено на два рівні – стратегічний і оперативний відповідно до яких повинні бути сформовані головний центр управління та місцевий центр управління рівня філії.

2. Аналіз результатів розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником показав, що вартість вагоно-кілометру компанії-перевізника залежить від швидкості доставки вантажу. Водночас, за технологічно рівних умовах, вартість вагоно-кілометру при виконанні перевезення АТ Укрзалізницею без плати за користування вагонами вище у середньому на 35,36%, а вартість вагоно-кілометру при виконанні перевезення АТ Укрзалізниця з урахуванням плати за користування вагонами у середньому вище у 1,23 рази. Цю різницю можна пояснити наявністю на АТ Укрзалізниця великого штату працівників, великої кількості недіючого рухомого складу, малодіяльної інфраструктури, частки витрат на утримання яких входять до вартості транспортних послуг. Тому можна констатувати про невідповідність умовам конкурентного транспортного ринку стягнення АТ Укрзалізниця плати за користування вагонами у діючому обсязі на відстані перевезення понад 400 км, а також про можливість отримання скорочення експлуатаційних витрат на рівні 9...38% в залежності від маршруту прямування та швидкості доставки на користь компанії-перевізника.

3. Аналіз результатів розрахунку загальної вартості оптимального плану перевезень показав, що раціональний маршрут доставки вантажу зі станції відправлення до станції призначення буде такий, в якому є одна зупинка на шляху прямування, має загальну тривалість простою поїзда на станціях філій не більше, ніж 45 хвилин, та має до шести груп вагонів від різних вантажовідправників в одному маршруті поїзда.

4. Згідно вимог ЄС передбачено поступове скорочення частки унімодалних автомобільних перевезень на відстань більш ніж 300 км та заміщення їх мультимодальними за участю залізничного транспорту, що є суттєвим обмеженням при формуванні логістичних ланцюгів постачання вантажів. Впровадження

«зелених» логістичних технологій при мультимодальних контейнерних перевезеннях дає економію на екологічному податку у 6,1 рази, а в міжнародному – 9,8 рази, у порівнянні з унімодальною. Отриманий результат свідчить про те, що значення екологічного критерію \widehat{B}_M із зменшенням відстані перевезення також зменшується, а його вплив на загальну вартість перевезення – збільшується. Цей факт доводять результати оцінки значень нечіткого екологічного критерію при різній відстані мультимодальних перевезень (при $L=200$ км $\widehat{B}_M = 18,97$ грн/TEU, а при $L=300$ км $\widehat{B}_M = 13,17$ грн/TEU). Показано, що мультимодальне перевезення вантажу суттєво краще унімодального за екологічним критерієм. Це доведено тим, що в залежності від відстані перевезення збільшення розміру питомого екологічного податку при міжнародному унімодальному перевезенні у порівнянні з мультимодальним складає від 71% до 467%.

5. Формалізовано ланцюг постачання вантажів у контейнерах з урахуванням екологічного критерію \widehat{B}_M як удосконалену економіко-математичну модель багатоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування із нечіткими критеріями. Прийняття рішень щодо впровадження «зелених» логістичних технологій перевезень вантажів та економічних маршрутів прямування можливо шляхом застосування запропонованої удосконаленої моделі. На дослідному полігоні встановлено оптимальний розподіл вантажопотоків та доведено економічну доцільність такої технології здійснення перевезень на основі вимог «зеленої» логістики. Загальні мінімальні витрати на забезпечення доставки контейнерів з урахуванням екологічного критерію склали 15475223 грн/міс. У базовому варіанті розподілу перевезень витрати склали 15595678 грн/міс., тобто економія від оптимізації складала 120455 грн/міс., а річна оцінка економії - 1445460 грн/рік (близько 7%). Цей підхід може бути застосовано у СППР-ДЛ та іншого оперативного персоналу.

6. Проаналізовано регресію вагоно-кілометрів e_B^{Π} , отриманих у результаті моделювання від e_B^{y3} , розрахованих згідно діючих нормативів. Статистична значущість рівняння перевірена за допомогою коефіцієнта детермінації та критерію Фішера. Встановлено також, що параметри моделі статистично значущі. Лінійний

коефіцієнт кореляції дорівнює 0,798, отже, зв'язок між ознакою $e_B^П$ та фактором $e_B^{УЗ}$ висока та пряма. Значення помилки апроксимації (6,46%) говорить про хорошу якість знайденої моделі. За розрахунком t-статистики Критерія Стьюдента підтверджується результати статистичної значущості. Автокореляція залишків за критерієм Дарбіна-Уотсона – відсутня. Результати моделювання показали, що за гістограмою розподілу залишкової компоненти модель є адекватною. Таким чином, перевірка результатів моделювання на адекватність та точність показала прийнятну похибку, що говорить про те, що запропонована модель є адекватною й точною, та може бути покладена в основу СППР-ДЛ оперативних працівників компанії-перевізника.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання удосконалення технології доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища шляхом врахування наявності компаній-перевізників та визначення раціональних параметрів ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики. В результаті отримано наступні висновки:

1. Аналіз основних показників роботи транспортної галузі показав, що не зважаючи на введення воєнного стану вже у 2023 році в порівнянні з 2022 роком АТ Укрзалізниця поступово адаптується до ситуації у країні та покращує основні показники до рівня довоєнних, що є передумовою появи у майбутньому залізничних компаній-перевізників. Якщо порівнювати 2022 р. та 2023 р., то в 2023 р. перевезено 148,4 млн т вантажів, що на 1,5% менше, ніж у 2022 р., але ці показники за рахунок того, що на початку 2022 р. не було активних бойових дій. Аналіз показав, що викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту більше у 49 разів у порівнянні із залізничним. Це обумовлює перспективу застосування «зеленої» логістики в сфері залізничного та інших видів транспорту.

Наукові праці вітчизняних та закордонних вчених спрямовано на всебічний розвиток наукових основ функціонування залізничного та інших видів транспорту та відображають важливість безперебійної роботи залізничної галузі, особливо під час воєнного стану.

Основною тенденцією у повоєнний період для вітчизняних залізниць є їх інтеграція до транспортної системи ЄС із приведенням нормативної, технологічної, інфраструктурної та екологічної складових до європейських вимог. Розглянуто успішний досвід реформування та створення конкурентного середовища на залізничному транспорті Польщі, Німеччини та Франції, оскільки умови функціонування певним чином схожі з умовами української залізничної галузі.

Аналіз транспортного законодавства країн ЄС показав, що одним із стратегічних напрямків розвитку галузі є створення екологічно чистих технологій на базі «зеленої» логістики. Встановлено тенденцію до скорочення частки унімодальних

автомобільних перевезень, заміщення їх мультимодальними за участю залізничного, морського і річкового видів транспорту, особливо при перевезенні вантажів у контейнерах.

2. Запропоновано удосконалити систему доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища. Дослідження інфраструктури і технології роботи закордонних компаній-перевізників дозволили визначити структуру та потрібний склад технічного оснащення залізничних станцій вітчизняної компанії-перевізника та особливості її функціонування. Організація доставки вантажів компанією-перевізником повинна здійснюватися на основі розрахованих раціональних добових планів перевезень з урахуванням замовленої вантажовідправником швидкості доставки та з можливістю відправлення вантажу протягом 4-6 діб. За умови створення відповідного сприятливого законодавчого середовища запропоновано сформувавши систему вітчизняних компаній-перевізників, що суттєво підвищить конкуренцію на транспортному ринку, забезпечить вантажовласникам оптимальні умови перевезення, а для АТ Укрзалізниця – отримання прибутку від надання доступу до інфраструктури.

Результатом формалізації логістичної системи доставки вантажів залізничною компанією-перевізником є функціональний опис вказаної системи, який базується на множині факторів, що впливають на величину витрат компанії-перевізника. До основних факторів віднесено вартість перевезення вантажів, маршрути їх доставки, кількість зупинок і тривалість простою поїздів на залізничних станціях філій компанії-перевізника.

3. Розроблено багатокритеріальну динамічну модель розрахунку раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища. Реалізація цієї моделі дозволить мінімізувати витрати компанії-перевізника наростаючим підсумком E за розрахунковий період t_p , а також підвищити гнучкість формування вартості доставки вантажів C_{II} . Зменшення цієї вартості для окремих вантажовідправників сприятиме збільшенню клієнтів компанії-перевізника, що в свою чергу покращить конкурентне середовище на ринку вантажних залізничних перевезень. Модель передбачає розрахунок на кожен день

розрахункового періоду раціональних маршрутів доставки вантажів I_d , кількостей зупинок для причеплення груп вагонів $q_{прив.}$ і тривалості простою поїздів $T_{пр}$ на залізничних станціях філій компанії-перевізника. Це дозволить сформуванню ефективної технології функціонування компанії-перевізника, що забезпечить передумови подальшого її розвитку.

4. Формування ланцюга постачання вантажів на основі екологічного критерію із застосуванням «зеленої» логістики за участю залізниць здійснено на основі порівняння оцінки шкідливих викидів у довкілля на прикладі перевезення контейнерів. Аналіз довів, що найбільш екологічною з точки зору викидів CO_2 у порівнянні з іншими є мультимодальна технологія перевезень контейнерів за участю залізниць. Але по викидах NO_x при перевезеннях на відносно невеликі відстані (до 500 км) більш екологічним умовно можна вважати перевезення автотранспортом за нормальних погодних умов. Розроблено підхід щодо застосування екологічного критерію \widehat{B}_m по викидах у атмосферу від перевезень вантажів. Це дозволило визначити основні напрямки розвитку «зеленої» логістики на транспортному ринку за наявності компаній-перевізників, а саме:

- скорочення частки унімодальних автомобільних перевезень на користь мультимодальних за участю залізничного та водного видів транспорту. Це дозволить зменшити викиди забруднюючих речовин у атмосферу майже у 200 разів, а викиди CO_2 – майже у 300 разів;

- розвиток мультимодальних перевезень вантажів та реверсивної логістики в процесі поступової відмови від далеких (згідно нормативів ЄС вище 300 км) вантажних автоперевезень;

- інвестування в розвиток та будівництво нових логістичних центрів та філій компаній-перевізників.

Встановлено, що традиційний підхід до визначення екологічного критерію на основі розрахунку ряду окремих показників не дозволяє у повній мірі оцінити ефективність мультимодального перевезення. Тому запропоновано формування нечіткого екологічного критерію \widehat{B}_m у вигляді векторної функції приналежності

лінгвістичних змінних при наявності маршрутизації перевезень та обмежень на кількість зупинок поїздів, тривалість їх простою на залізничних станціях філій компанії-перевізника.

5. Визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів в умовах конкурентного середовища здійснено на основі запропонованої вище багатокритеріальної динамічної моделі. Результати моделювання довели, що вартість вагоно-кілометра компанії-перевізника e_B^{Π} залежить від швидкості доставки вантажу, за інших технологічно рівних умов вартість вагоно-кілометра при виконанні перевезення АТ Укрзалізниця $e_{\text{ВП}}^{\text{УЗ}}$ з урахуванням плати за користування вагонами у середньому вище у 1,23 рази, а вартість вагоно-кілометра при виконанні перевезення АТ Укрзалізниця $e_B^{\text{УЗ}}$ без плати за користування – у середньому на 35,36% у порівнянні із компанією-перевізником. Наявність у складі АТ Укрзалізниця великої кількості недіючого рухомого складу, малодіяльної інфраструктури та великого штату працівників обумовлює різницю у вартості вагоно-кілометрів. Тому доведено можливість отримання скорочення експлуатаційних витрат компанії-перевізника на рівні 9...38% в залежності від маршруту прямування та швидкості доставки вантажу. Слід зазначити, що таким чином підтверджено невідповідність умовам конкурентного транспортного ринку стягнення АТ Укрзалізниця плати за користування вагонами у діючому обсязі на відстані перевезення понад 400 км.

Розрахунок загальної вартості оптимального плану перевезень компанією-перевізником довів, що із реальних варіантів доставки вантажу з філії відправлення до філії призначення раціональним буде такий, який має загальну тривалість простою поїздів на станціях філій T_{np} не більш, ніж 45 хвилин, та з однією зупинкою на шляху прямування. Кількість груп вагонів від різних вантажовідправників в одному маршруті поїзда може бути до шести.

Проаналізовано регресію вагоно-кілометрів e_B^{Π} , отриманих у результаті моделювання від $e_B^{\text{УЗ}}$, розрахованих згідно діючих нормативів. Статистична значущість рівняння перевірена за допомогою коефіцієнта детермінації та критерію Фішера. Значення помилки апроксимації 6,46% отримано шляхом порівняння натурних даних та результатів моделювання, що свідчить про задовільну якість

знайденої моделі. Статистична значущість результатів підтверджується розрахунком t-статистики Критерія Стюдента. За критерієм Дарбіна-Уотсона встановлено, що автокореляція залишків відсутня. Перевірка нормальності розподілу залишкової компоненти результатів моделювання показала, що модель адекватна нормальності розподілу залишкової компоненти. Перевірка із використанням зазначених методів довела адекватність та точність запропонованих моделей. Визначення раціональних параметрів ланцюга постачання вантажів за участю залізничного транспорту на основі «зеленої» логістики визначено на основі вимог ЄС, якими передбачено скорочення частки унімодальних автомобільних перевезень на відстань більш ніж $L_a=300$ км та заміщення їх мультимодальними за участю залізничного транспорту. Це є суттєвим технологічним обмеженням при формуванні логістичних ланцюгів постачання вантажів. Впровадження «зелених» логістичних технологій з урахуванням екологічного критерію \hat{B}_m дає економію на екологічному податку у 6,1 рази у внутрішньому сполученні, а в міжнародному – у 9,8 рази. Отриманий результат свідчить, що мультимодальне перевезення вантажу суттєво краще унімодального за екологічним критерієм: в залежності від відстані збільшення розміру питомого екологічного податку при міжнародному унімодальному перевезенні складає від 71% до 467%.

Врахування технологічних елементів «зеленої» логістики за допомогою нечіткого екологічного критерію \hat{B}_m реалізовано у вигляді удосконаленої моделі багатоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування. На дослідному полігоні встановлено оптимальний розподіл вантажопотоків та доведено економічну доцільність такої технології перевезень. Загальні мінімальні витрати на забезпечення доставки вантажів у контейнерах компанією-перевізником з урахуванням екологічного критерію \hat{B}_m склали 15475,2 тис. грн/міс., а у базовому варіанті – 15595,6 грн/міс., тобто економія від застосування елементів «зеленої» логістики склала 120,4 тис. грн/міс. (близько 7%). Цей підхід може бути застосовано у СППР-ДЛ компанії-перевізника.

6. На основі запропонованої багатокритеріальної динамічної моделі розрахунку параметрів перевезення вантажів кожного вантажовідправника

сформовано автоматизовану систему розрахунку плану перевезень компанії-перевізника у вигляді СППР-ДЛ. Методологію побудови єдиного інформаційного середовища «АТ Укрзалізниця – компанія-перевізник» засновано на взаємодії автоматизованих систем управління технологічними процесами АСК ВП УЗ-Є та СППР-ДЛ із розширенням комплексу задач, що вирішуються як на рівні станції, так і на рівні філії компанії-перевізника. В перспективі для компанії-перевізника за пріоритетами комплекс управлінських і технологічних задач може бути розділено на два рівні – стратегічний і оперативний, відповідно до яких повинні бути сформовані головний центр управління та місцевий центр управління рівня філії.

За рахунок впровадження запропонованої автоматизованої технології перевезень у вигляді СППР-ДЛ прогнозується покращення екологічних показників на величину до 15%, збільшення обсягів перевезення вантажів на 2...5% від існуючих обсягів, а також очікується скорочення експлуатаційних витрат на формування відправки вантажів на рівні 3...11%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. Перспективи «зеленої» логістики при використанні контейнерних та контрейлерних перевезень України. *Залізничний транспорт України*. 2021. №1. С. 11-21. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-138-1-11-22
2. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Екологічні аспекти застосування «зеленої» логістики при мультимодальних вантажних перевезеннях. *Залізничний транспорт України*. 2021. №2. С. 49-62. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62
3. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. «Зелена» логістика, як основа покращення екологічних показників вантажних мультимодальних перевезень. *Залізничний транспорт України*. 2021. №3. С. 16-28. DOI: 10/34029/2311-4061-2021-140-3-16-28
4. Ломотько М.Д. Дослідження показників, пов'язаних з часом знаходження транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2022. № 2. С. 11-22. DOI: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v27i2.259708>
5. Ломотько М.Д. Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 1. С. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v28i1.276347>
6. Ломотько Д.В., Огар О.М., Ломотько М.Д., Афанасова О.Ф. Моделювання залізнично-автомобільного ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики. *Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту*. Харків, 2023. Вип. 205. С. 98-110. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.205.2023.288832>

7. Огар О.М., Ломотько Д.В., Шелехань Г.І., Ломотько М.Д. Формування системного підходу до організації доставки вантажів залізничною компанією-перевізником регіонального типу. *Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*. Дніпро, 2023. Вип. 26. С. 61-67. DOI: <https://doi.org/10.15802/tsst2023/293354>
8. Ischuka, O., Lomotko, D., Lomotko, M. Logistics Approach in Energy-Efficient Technology for Shunting Work at the Marshalling Station. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. Proceedings of the 26th International Scientific Conference. Lithuania, Kaunas, 5-7 October, 2022. Kaunas, 2022. P. 431-436. Doi:10.5755/e01.2351-7034.2022.P1
9. Lomotko, D., Ohar, O., Kozodoi, D., Barbashyn, V., Lomotko, M. Efficiency of "Green" Logistics Technologies in Multimodal Transportation of Dangerous Goods. *Smart Technologies in Urban Engineering*. 2022. Vol 536. P. 831-841. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_74
10. Lomotko D., Ohar O., Kozodoi D., Barbashyn V., Lomotko M. Prospects for the use "green" logistics as a safety factor in multimodal transportation of dangerous goods. *AIP Conference Proceedings*. 31 May 2023. Vol 2684, Issue 1: 020008. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120066>
11. Ischuka, O., Lomotko, D., Lomotko, M. Choosing the Optimal Variant for Shunting Operations Using the Logistic Approach at Marshalling Station. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. Proceedings of the 27th International Scientific Conference. Lithuania, Palanga, 4-6 October, 2023. Palanga, 2023. P. 766–771.
12. Ломотько М.Д. Автоматизація обробки місцевих вагонів на сортувальній станції. *Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку* : наукове видання II Всеукраїнська конференція молодих вчених. Дніпро, 17 грудня 2020 р. С. 346-352.
13. Ломотько М.Д. Огар О.М. Шляхи удосконалення автоматизованої логістичної системи управління залізничними станціями. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами* : збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 17 листопада 2020 р. Харків, 2020. С. 11-12.

14. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. До питання актуальності контрейлерних перевезень в Україні. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., м. Івано-Франківськ, 5-7 квітня 2021 р. Івано-Франківськ, 2021. С. 393-395.

15. Ломотько Д.В., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Перспективні напрямки розвитку транспортних систем залізниць на базі принципів інтеперабельності. *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : матеріали IV міжнар. наук.-прак. конф., м. Київ, 21–23 квітня 2021 р. Київ, 2021 С. 46-48.

16. Mykola Lomotko, Andriy Prokhorchenko, Svetlana Donets. Formation of the passenger orientation system on the platforms of railway stations in Ukraine. *Young researchers in the global world : achievements and challenges : VII forum for young researchers*. Kharkiv, 23 April, 2021. Kharkov, 2021. P. 38-40.

17. Ломотько Д.В., Огар О.М., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Застосування «зеленої» логістики та вимог стандарту ISO 14001 при мультимодальних вантажних перевезеннях. *Управління якістю в освіті та промисловості : досвід, проблеми та перспективи* : тези доповідей V міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 20-21 травня 2021 року. Львів, 2021. С. 149-150.

18. Lomotko D.V., Ogar O.M., Kozodoy D.S., Lomotko M.D. Improving the efficiency of container and trailer transportation in ukraine through the use of “green” logistics. *Інтелектуальні транспортні технології* : 2-а міжнародна науково-технічна конференція, м. Харків, 27-29 квітня 2021 р. Харків, 2021. С. 52-53.

19. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. Перспективи «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях за участю залізниць. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика* : Сімнадцятої науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 3 - 4 червня 2021 р. Харків, 2021. С. 76-79.

20. Ломотько Д.В., Арсененко Д.В., Ломотько М.Д. Удосконалення логістичного управління технічними засобами транспортування зернових вантажів залізницями. *Аграрна галузь сучасної України : проблеми та перспективи розвитку* : Збірник матеріалів I міжнародної науково-практичної конференції, м. Слов'янськ, 14 травня 2021 р. Слов'янськ, 2021. С. 349 - 352

21. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Барабашин В.В., Ломотько М.Д. Перспективи застосування «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях небезпечних вантажів. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті* : Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 17-19 листопада 2021. Харків, 2021. С. 48 – 50.

22. Ломотько Д.В., Арсененко Д.В., Ломотько М.Д. Main directions of development of railways systems based on the principles of interoperability. *Sustainable Development : Modern Theories and Best Practices* : Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference, Estonia, Tallinn, 31 March -1 April, 2022. Estonia, Tallinn. 2022. P. 99 – 101.

23. Ломотько Д.В., Ковальов Д.Д., Ломотько М.Д., Напрямки удосконалення технології залізничних контейнерних перевезень у сучасних умовах. *Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems* : Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький, 2022. С. 111-113

24. Ломотько Д.В., Ковальов Д.Д., Ломотько М.Д. Деякі питання удосконалення транспортної логістики у сучасний період. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи* : збірник наукових праць конференції, м. Дніпро, 23 червня 2022 р. Дніпро, 2022. С. 82-85

25. Огар О.М., Ломотько М.Д. Аналіз систем доставки вантажів компаніями-перевізниками Французької залізниці (SNCF Réseau). *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : Збірник тез доповідей V міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ 21-23 вересня 2022 р. Київ, 2022. С. 19 -22

26. Іщука О., Ломотько Д.В., Ломотько М.Д. Логістичний підхід в енергоефективній технології маневрової роботи на сортувальній станції. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика* : Матеріали 18-ї науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 2-3 червня 2022. Харків, 2022. С. 145-148.

27. Огар О.М., Tomaszewski F., Ломотько М.Д., Аналіз систем доставки вантажів компаніями-перевізниками Польської залізниці. *Інтелектуальні транспортні технології* : Тези доповідей 3-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 22-23 листопада 2022 р. Харків, – 2022. С. 167-168.

28. Ломотько Д.В., Афанасова О.Ф., Ломотько М.Д., Щука О. М. Формування інтелектуальної системи вирішення задачі оптимізації розподілу залізничного тягового рухомого складу. *Інтелектуальні Транспортні Системи : Екологія, Безпека, Якість, Комфорт* : Збірник тез доповідей міжнародної наукової конференції, м. Київ, 30 листопада 2022. Київ, 2022. С. 88-89.

29. Ломотько Д.В., Огар О.М., Ломотько М.Д. Перспективні напрямки розвитку транспортних систем залізниць на базі «зеленої логістики». *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 19-21 вересня 2023 р. Київ, 2023. С. 37–40.

30. Lomotko M.D., Ohar O.M., Lomotko D.V. Formation technology of cargo delivery in containers based on the ecological principles of "green" logistics. *Sustainable Development : Modern Theories and Best Practices* : Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference, Estonia, Tallinn, 28-29 April, 2023. Estonia, Tallinn. 2022. P. 171-173.

31. Lomotko D., Ohar O., Kozodoy D., Barbashyn V. Lomotko M. Prospects for application of "green" logistics in cargo transportation by rail transport. *The fourth industrial revolution and innovative technologies dedicated to the 100th anniversary of the national leader Heydar Aliyev* : The proceedings of the international scientific-practical conference, Azerbaijan, Ganja, 3-4 May 2023. Azerbaijan, Ganja. 2023. P. 263-264.

32. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Аналіз перспектив застосування «зеленої» логістики при перевезеннях вантажів залізничним транспортом. *Авіація, промисловість, суспільство* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кременчук, 18 трав. 2023 р.) Харків, 2023 С. 425-428.

33. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Удосконалення технології доставки вантажів у контейнерах на принципах «зеленої» логістики. *Транспортні технології та безпека дорожнього руху* : Збірник тез доповідей Четвертої всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Запоріжжя, 13–14 квітня 2023 р. Запоріжжя, 2023. С. 17-19.

34. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Формалізація технології мультимодальних залізничних перевезень на основі «зеленої» логістики. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика* : Матеріали 19-ї науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 1-2 червня 2023 р. Харків, 2023. С. 148-151.

35. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Передумова лібералізації залізничної галузі України. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи* : Збірник наукових праць XV міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 20 червня 2023 р. Київ, 2023. С. 99 – 104

36. Огар О. М., Ломотько М. Д. Формування технології доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками регіонального типу. *Інтелектуальні транспортні технології* : Тези доповідей 4-ї міжнародної науково-технічної конференції. м. Харків, 27-28 листопада 2023 р. Харків, 2023. С. 257-258.

37. Про транспорт: Закон України від 10.11.1994 р. №233/94. Дата оновлення: 28.04.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/232/94-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 02.05.2023).

38. Про залізничний транспорт. Закон України від 04.07.1996 р. за №273/96. Дата оновлення: 19.12.2021. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 06.01.2023).

39. Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування. Закон України від 23.02.2012 р. №4442-VI. Дата оновлення: 06.01.2018 р. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/4442-17> (дата звернення 18.01.2023).

40. Транспорт України 2020: Статистичний збірник / за ред. І. Петренко. Київ: Державна служба статистики України, 2021. 116 с.

41. АТ Укрзалізниця. *Офіційний сайт* : веб-сайт. URL: <https://uz.gov.ua/> (дата звернення 20.01.2023).

42. Стратегія АТ «Укрзалізниця» на 2019-2023 роки. *Стратегія-2* : веб-сайт URL: <https://bit.ly/3kiKGgL> (дата звернення 04.01.2023).

43. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. Закон України від 30.05.2018 р. №430-р. Дата оновлення: 03.05.2023 р. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80> (дата звернення 04.06.2023).

44. Кірпа Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему : монографія. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2004. 248 с.

45. Infrastructure Finance, PPPs & Guarantees. *The World Bank* : веб-сайт URL: <https://ppi.worldbank.org/en/snapshots/sector/railways> (дата звернення 04.10.2020)

46. Бараш Ю.С. Управління залізничним транспортом країни : монографія. Дніпро : НУЗТ, 2006. 252 с.

47. Гудкова В.П., Тютюн Ю.О. Структурно-функціональний аналіз державного регулювання розвитку залізничного транспорту. *Серія Економіка і управління* : збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Запоріжжя, 2015. Вип. 33. С. 70–77.

48. Дикань В.Л., Данько І., Кондратюк М.В. Удосконалення організаційної структури залізничного комплексу України в сучасних умовах: монографія. Харків: УкрДАЗТ, 2010. 190 с.

49. Овчиннікова В. О. Особливості державного регулювання розвитку залізничного транспорту в Україні. *Економіка і суспільство*. Мукачево, 2017. Вип. 12. С. 129-135.

50. Ейтутис Г. Д. Теоретико-практичні основи реформування залізниць України : монографія. Ніжин : ТОВ Видавництво «Аспект- Поліграф», 2009. 240 с.
51. Дикань В.Л. Обеспечение конкурентоспособности железнодорожного транспорта как основной составляющей его экономической безопасности. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. Одеса, 2016. Т.21. Вип. 1 С. 82-85.
52. Дейнека О .Г. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку підприємств залізничного транспорту. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. Харків, 2013. Вип. 135. С.131-135.
53. Артюшин Л.М., Зиатдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В. Большие технические системы: проектирование и управление. / ред. И.А. Попова. Харків : Факт, 1997. 400 с.
54. Бутько Т.В, Лаврухін О.В. Удосконалення технології організації перевезень в умовах невизначеності на основі раціонального використання засобів транспорту. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. Донецьк, 2006. Вип. 8. С. 21-29.
55. Бобровский В.И., Козаченко Д.Н. Интегрированные модели железнодорожных станций. *Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті*. 2002. № 4, 5 (додаток). с. 22-23.
56. Бутько Т.В., Данько М.І., Сіконенко Г.М. Оптимізація роботи мережі залізниць на основі раціонального розподілу сортувальної роботи. *Коммунальное хозяйство городов*. Харків, 2004. Вип 58. С.196-200.
57. Бутько Т.В., Лаврухін О.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2004. № 7. с. 16-19.
58. Qi Y.X., Harrod S., Psaraftis H.N., Lang M. Transport service selection and routing with carbon emissions and inventory costs consideration in the context of the Belt and Road Initiative. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2022. Vol. 159, Article 102630. DOI:10.1016/j.tre.2022.102630

59. Ломотько Д. В., Обухова А. Л., Сеніва І. В. Аналіз перспективних напрямків використання контейнерних та контрейлерних перевезень в Україні. *Залізничний транспорт України*. 2015. № 5. С. 65-71.

60. Ломотько Д.В. Формування транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів : дис. ...д-ра. тех. наук : 05.22.01. Харків, 2008. 356 с.

61. Ломотько Д. В., Красноштан О. М. Інноваційні методи підвищення продуктивності та швидкодії систем контрейлерних перевезень. *Науковий Вісник Національного транспортного університету*. Київ. 2021. Вип. 1 (48). С. 188-202. DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-188-202

62. Клосс Д. Логистика. интегрированная цепь поставок : підручник. Москва : Олимп-Бизнес, 2010. 640 с.

63. Джонсон Дж. Современная логистика. : підручник. Москва : Издательский дом “Вильямс”, 2002. 624 с.

64. Кристофер М. Логистика и управление цепями поставок : підручник. Санкт-Петербург : Питер, 2004. 316 с.

65. Железнодорожная реформа в Польше: как возник свободный рынок. *Центр транспортних стратегій* : веб-сайт. URL: https://cfts.org.ua/articles/zheleznodorozhnaya_reforma_v_polshe_kak_voznik_svobodnyy_rynok_732 (дата звернення: 02.02.2023).

66. Deutsche Bahn. *Deutsche Bahn* : Official site. URL: <https://www.bahn.de/>

67. Who we are. *SNCF Group* : Official site. URL: <https://www.sncf.com/en/group/profile-and-key-figures/about-us/who-we-are> (дата звернення: 03.04.2023).

68. Аналіз прикладів SNCF Réseau. Реформа залізниць. Збірник матеріалів щодо підвищення ефективності сектора залізниць. *Всемирный банк*. м. Вашингтон, округ Колумбія, 2017. Вип. №2. С. 687-702. URL: <https://olc.worldbank.org/system/files/Full%20Russian%20RailToolkit.pdf>. (дата звернення: 02.04.2023).

69. Пенькова К., Кривінчук Ю., Прядко К. Моделі функціонування залізничних перевезень. Огляд іноземного досвіду. *Інформаційна довідка, підготовлена Європейським інформаційно дослідницьким центром на запит народного депутата України*. 2017. URL: <https://infocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/29219.pdf>. (дата звернення: 06.04.2023).

70. Экспансия PKP Cargo: как польский ж/д оператор завоевывает Центральную Европу. *Центр транспортної стратегії* : веб-сайт. URL: https://cfts.org.ua/articles/ekspansiya_pkr_cargo_kak_polskiy_zhd_operator_zavoevyvayut_tsentralnuyu_evropu_935 (дата звернення: 08.04.2023).

71. Реформа залізниць. Збірник матеріалів щодо підвищення ефективності сектора залізниць. *Всемирный банк*. м. Вашингтон, округ Колумбія, 2017. Вип. №2. 766 с. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/616111469672194318/pdf/69256-RUSSIAN-REVISED-RR-Toolkit-RU-New-2017-12-28.pdf>. (дата звернення: 12.04.2023).

72. Модель корпоративного управління та цільової організаційної структури АТ «Українська залізниця». *Міністерство інфраструктури України* : веб-сайт. URL: <https://www.slideshare.net/Ministerstvo/v-49267881> (дата звернення: 18.04.2023).

73. Directive 91/440/EEC. *Eur-lex.europa.eu*. *EUR-Lex* : Official site. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31991L0440>. (Last accessed: 25.04.2023).

74. Directive 95/19/EC. *Eur-lex.europa.eu*. *EUR-Lex* : Official site. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31995L0019>. (Last accessed: 25.04.2023).

75. Прохорченко А. В. Залізничні системи з вертикальним розділенням. Європейська модель. Дніпро : ЛІРА, 2022. 316 с.

76. Ломотько Д. В., Балака Є. І., Резуненко М. Є. Визначення оптимальної кількості вагонів у маршрутних поїздах. *Залізничний транспорт України*. 2019. № 4. С. 4-12.

77. Данько М.І., Дикань В.Л., Якименко Н.В. Забезпечення конкурентоспроможності промислових підприємств України в умовах міжнародних транспортних коридорів : монографія. Харків : УкрДАЗТ, 2008. 170 с.

78. Кизим А., Кабертай Дж. Современные тренды «зеленой» логистики в условиях глобализации. *Логистика*. 2013. № 1. С. 46-49.

79. Dalkmann H. Transport and Climate Change. Module 5e. *Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-Makers in Developing Cities*. Eschborn, Germany. 2014. 86 p., DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.4286.8009>.

80. Palanivelu P., Dhawan M. Green Logistics. *White Paper Tata Consulting Systems (TCS)* : Official site URL: https://www.academia.edu/28094615/Green_Logistics_Whitepaper (Last accessed: 01.05.2023).

81. Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення): монографія. Київ : Юнікон-Прес, 2001. 341 с.

82. Компанія DB Schenker. *DB Schenker* : Офіційний сайт. URL: <https://www.dbschenker.com/ua-uk/> (дата звернення: 12.05.2023).

83. Green Cargo Road & Logistics AB. *Green Cargo* : Офіційний сайт. URL: <https://www.greencargo.com/> (дата звернення: 12.05.2023).

84. Deutsche PostDHL. *DHL* : Офіційний сайт. URL: <https://www.dhl.com/ua-uk/> (дата звернення: 15.05.2023).

85. United Parcel Service of America, Inc. *UPS* : Офіційний сайт. URL: <https://www.aircargo.ups.com/> (дата звернення: 15.05.2023).

86. Kawasaki Kisen Kaisha, Ltd. *K-LINE* : Офіційний сайт. URL: <https://www.kline.co.jp/> (дата звернення: 20.05.2023).

87. Біла книга Європейської Комісії – план розвитку єдиного європейського транспортного простору - на шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи. *Видавничий центр Європейського Союзу в Люксембурзі*. 2011 28 с. DOI: 10.2832/30955

88. Sagevik. Transport and Climate Change. *International Union of Railways* : Official site URL: http://www.rtcc.org/2007/html/soc_transport_uic.html. (Last accessed: 12.11.2022).

89. Taxing CO2 emissions from road transport. *Taxing Energy Use 2019* : Official site URL: <https://www.compareyourcountry.org/taxing-energy?cr=oeecd&lg=en&page=1&visited=1>. (Last accessed: 30.04.2023).

90. Sims R., R. Schaeffer, F. Creutzig and etc. Transport. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA. 05 February, 2015. Cambridge and New York, 2015. P. 599-670. Doi: 10.1017/CBO9781107415416.005

91. Tuchschnid M. Carbon Footprint of High-Speed Railway Infrastructure (Pre-Study). *Methodology and Application of High Speed Railway Operation of European Railways* : Official site URL: http://uic.asso.fr/IMG/pdf/carbon_footprint_of_high_speed_rail_infrastructure_pre-study.pdf. (Last accessed: 11.09.2022).

92. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (1990-2019). *Державна служба статистики* : Офіційний сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

93. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20>.

94. Directive 92/106/EEC. Eur-lex.europa.eu. *EUR-Lex* : Official site. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1992/106/oj>. (Last accessed: 27.04.2023).

95. Matteo Muratori, Steven J. Smith at etc. Role of the Freight Sector in Future Climate Change Mitigation Scenarios. *Environmental Science & echnology*. 2017. Т. 6, Vol 51, P. S1-S24. DOI: 10.1021/acs.est.6b04515

96. Holmström J., Gutowski T. Additive manufacturing in operations and supply chain management: No sustainability benefit or virtuous knock-on opportunities? *Journal of Industrial Ecology*. 2017. Т. 21. №. S1. P. S21-S24. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.12580>

97. Yang Y.L., Zhang J., Sun W.J., Yun P. Research on NSGA-III in Location-routing-inventory problem of pharmaceutical logistics intermodal network J. *Intell. Fuzzy Syst.* 2021.T 1, Vol 41 P. 699-713. DOI:10.3233/JIFS-202508

98. Li L., Zhang Reducing X. CO2 emissions through pricing, planning, and subsidizing rail freight Transport. *Res. Transport Environ.* 2020. Vol 87, Article 102483, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102483>

99. Zhang X., Lin Z., Crawford C., Li S. Techno-economic comparison of electrification for heavy-duty trucks in China by 2040. *Transport. Res. Part D-Transport Environ. Times.* 2022. Vol 102, Article 103152, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103152>

100. Jensen A.F., Thorhauge M., Jong G.D., Rich J., Dekker T., Johnson D. A disaggregate freight transport chain choice model for Europe *Transp. Res. Pt. e-Logist. Transp. Rev.* 2019. Vol 121. P. 43-62, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.10.004>

101. Григорак М.Ю., Савченко Л.В. Концептуальні основи розвитку реверсивної логістики в циркулярній економіці. *Приазовський економічний вісник.* 2018. Випуск 5(10). С. 78–84 URL: http://rev.kpu.zp.ua/journals/2018/5_10_uk/15.pdf (дата звернення: 20.05.2023).

102. Мельникова Н.В., Янченко Н.В. Показники оцінки прямого і зворотного матеріальних потоків промислового підприємства. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва.* 2018. С. 98–112. DOI: <https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2018.20.0.98>

103. Матейчик В.П. Смешек М., Хрутьба В.О. Застосування логістичних підходів в системі поведження з відходами транспортного підприємства. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія.* 2011. Вип. 8. С. 139–144. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2011_8_38 (дата звернення: 21.05.2023).

104. Wang, F. et al. The Best-of-2-Worlds philosophy: developing local dismantling and global infrastructure network for sustainable e-waste treatment in emerging economies. *Waste Management.* 2012. Vol. 32, p. 2134–2146. DOI: 10.1016/j.wasman.2012.03.029

105. Огар О.М., Крячко К.В., Пестременко-Скрипка О.С., Таратушка К.В. Розрахунок будівельної вартості залізничних станцій : методичні вказівки. Харків : УкрДУЗТ, 2016. 46 с.

106. Види й типи організаційних структур та умови їх ефективного застосування. *Підручники* : веб-сайт. URL: https://pidru4niki.com/10880405/menedzhment/vidi_tipi_organizatsiynih_struktur_umovi_efektivnogo_zastosuvannya (дата звернення: 23.05.2023).

107. Поїзний диспетчер. *Професії за напрямками* : веб-сайт. URL: <https://porprofessii.in.ua/uk/poezdnoj-dispetcher> (дата звернення: 25.05.2023).

108. Про затвердження Правил технічної експлуатації міжгалузевого промислового залізничного транспорту України : Наказ МТУ від 01.10.2009 р. № 1014. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/re17182?an=1026> (дата звернення: 27.05.2023).

109. Про затвердження Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України : Наказ МТУ від 31.08.2005 р. №507 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0507650-05#Text> (дата звернення: 27.05.2023).

110. Технологічний процес роботи сортувальної станції Основа : Наказ начальника залізниці від 29.04.2016 р. № 171/Н. 2016 р. 381 с.

111. Правила обчислення термінів доставки вантажів. Наказ МТУ від 24.11.2000 р. №644. Дата оновлення: 02.09.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0865-00#Text> (дата звернення: 28.05.2023).

112. Trassenfinder. *DB InfraGo* : Official site. URL: https://trassenfinder.de/#/25/sgv?tab_id=1 (дата звернення: 28.05.2023).

113. Arthur D., Vassilvitskii S. How Slow is the k-means Method? *Proceedings of the 2006 Symposium on Computational Geometry (SoCG)*. 2006. P. 144-153. DOI: <https://doi.org/10.1145/1137856.1137880>

114. Панкратов В. І., Ломотько М. Д., Поляков А. О., Кузнецов М. М. Удосконалення методики оперативного управління залізничними під'їзними коліями, які передано підприємствам. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2006. №8. С. 13-21.

115. Панкратов В. І., Ломотько М. Д., Бутько Т. В. Управління локомотивним парком залізничного транспорту незагального користування на основі динамічної моделі перерозподілу. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2007. №5, 6. С.70-73.

116. Spath H. Cluster dissection and analysis: theory, fortran, programs, examples. *Halsted Press*. New York, USA, 1985, 226 pp.

117. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. [чинний від 1997-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1997. 32 с. (Інформація та документація)

118. Прокопенко Т. О. Теорія систем і системний аналіз : навч. посіб. М-во освіти і науки України. Черкаси : ЧДТУ, 2019. 139 с.

119. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров та ін. Суми : СДУ, 2017. 212 с.

120. TRANS/WP.24/2000/1. Терминология комбинированных перевозок. [чинний від 2000-06-19]. Вид. офіц. Женева, Швейцарія, 2000. 17 с. (Інформація та документація)

121. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування. (ISO 14001:2015, IDT). [На заміну ДСТУ ISO 14001:2006; чинний від 2015-12-21]. Вид. офіц. Київ : Державне підприємство ДП НДІ, 2015. 37 с. (Інформація та документація)

122. ISO 9735-1:2002(en) Electronic data interchange for administration, commerce and transport (EDIFACT). [чинний від 2000-07]. Вид. офіц. Вид. офіц. Женева, Швейцарія, 2002. 54 с. (Інформація та документація)

123. Марков В. А. Баширов Р. М., Габитов И. И..Токсичность отработавших газов дизелей : монографія. Москва : МГТУ, 2002. 376 с.

124. Тартаковский Э. Д., Грищенко С. Г., Калабухин Ю. Е., Фалендыш А. П. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог : монографія. Луганск : Ноулидж, 2011. 174 с.

125. Ломотько Д.В. Підвищення ефективності технології розподілу рухомого складу на полігоні. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту*. 2005. №3. С. 5.

126. Developers of Your Spreadsheet's Solver. *Optimization Concepts* : Official site. URL: <http://www.frontsys.com>.

127. Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and control*. 1965. Vol 8. P. 338-353.

128. Ломотько Д.В. Метод оцінки та відбору нечіткої інформації при формуванні систем підтримки прийняття рішень у підрозділах залізниць. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2007. №2. С. 3- 9.

129. Друзь В.А., Самсонкин В.Н. Единая теория самоорганизующихся систем : монографія. Київ : Талком, 2022. 123 с.

130. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря : Постанова Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 827. Дата оновлення: 10.11.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF>. (дата звернення: 02.06.2023).

131. ForFITS Model – Assessing Future CO2 Emissions. *United Nations Economic Commission for Europe* : Official site. URL: <https://unece.org/forfits-model-assessing-future-co2-emissions>. (дата звернення: 02.06.2023).

132. ISO/FDIS 14031:2021. Environmental management. Environmental performance evaluation. Guidelines. [чинний від 2021-03]. Вид. офіц. Женева, Швейцарія, 2021. 44 с. (Інформація та документація)

133. Податковий кодекс України : Відомості Верховної Ради України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. Дата оновлення: 28.04.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>. (дата звернення: 29.04.2023).

134. Програмне забезпечення для розрахунку вартості перевезення вантажів. *Залізничні вантажоперевезення* : веб-сайт. URL: <https://train-mauve.vercel.app/readiness> (дата звернення: 27.09.2023).

135. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум : Навч. посібник. Київ : Лібра, 2006. 368 с.

136. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році : доповідь / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Natsionalna-dopovid-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-Ukrayini-u-2018-rotsi_.pdf (дата звернення: 20.07.2023).

137. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. №1264-ХІІ. Дата оновлення: 10.07.2022. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення 18.01.2023).

138. Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства : Наказ Мінекобезпеки України від 27.10.1997 № 171. Дата оновлення: 12.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98> (дата звернення 20.01.2023).

139. Lotka, A.J.: Th'éorie analytique des associations biologiques : deuxième partie 2e partie. Paris, France : Hermann,. 1939. 154 p.

140. Про затвердження Збірника тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги та Коефіцієнтів, що застосовуються до Збірника тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги : Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 26.03.2009 р. №317. Дата оновлення: 25.12.2020.

Додаток А

Структури управління закордонними та вітчизняними залізницями

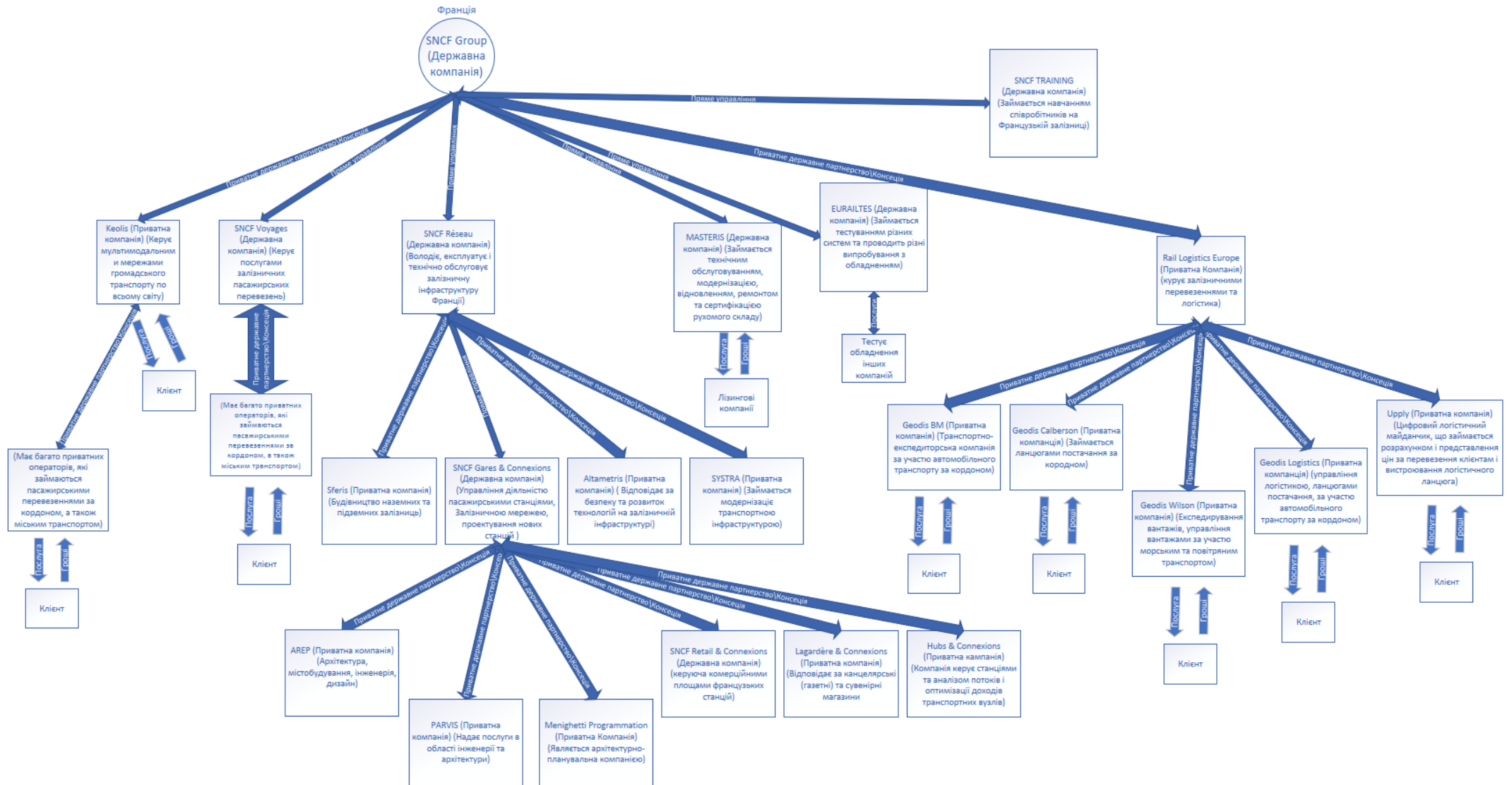


Рисунок А.1 – Структура управління Французької залізничної компанії (SNCF Réseau)

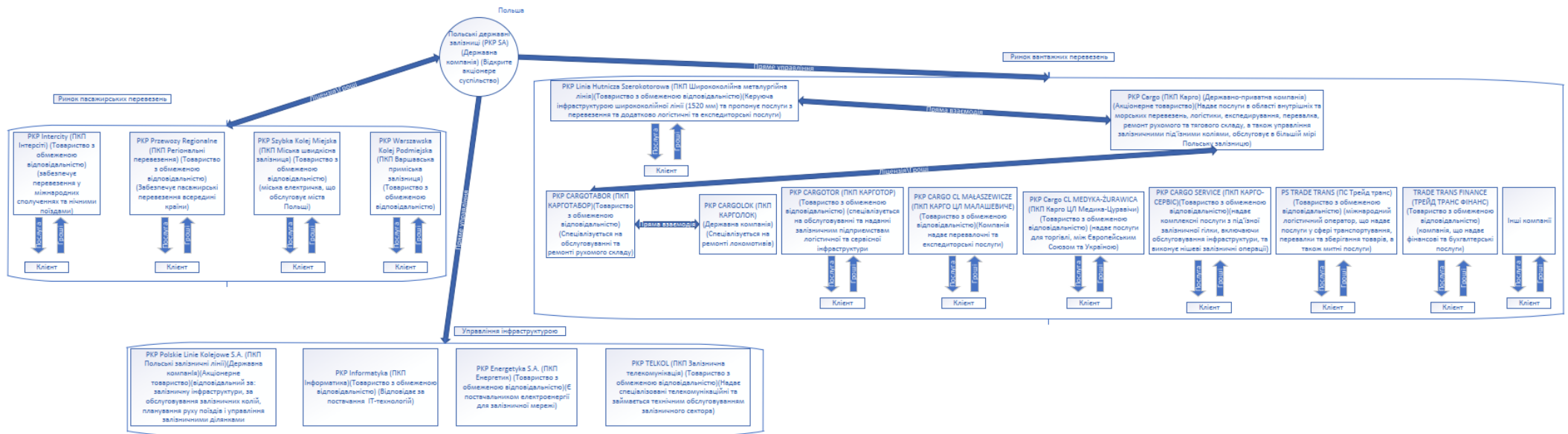


Рисунок А.2 – Структура управління Польської залізничної компанії (Polskie Koleje Państwowe Spółka Akcyjna (PKP SA))

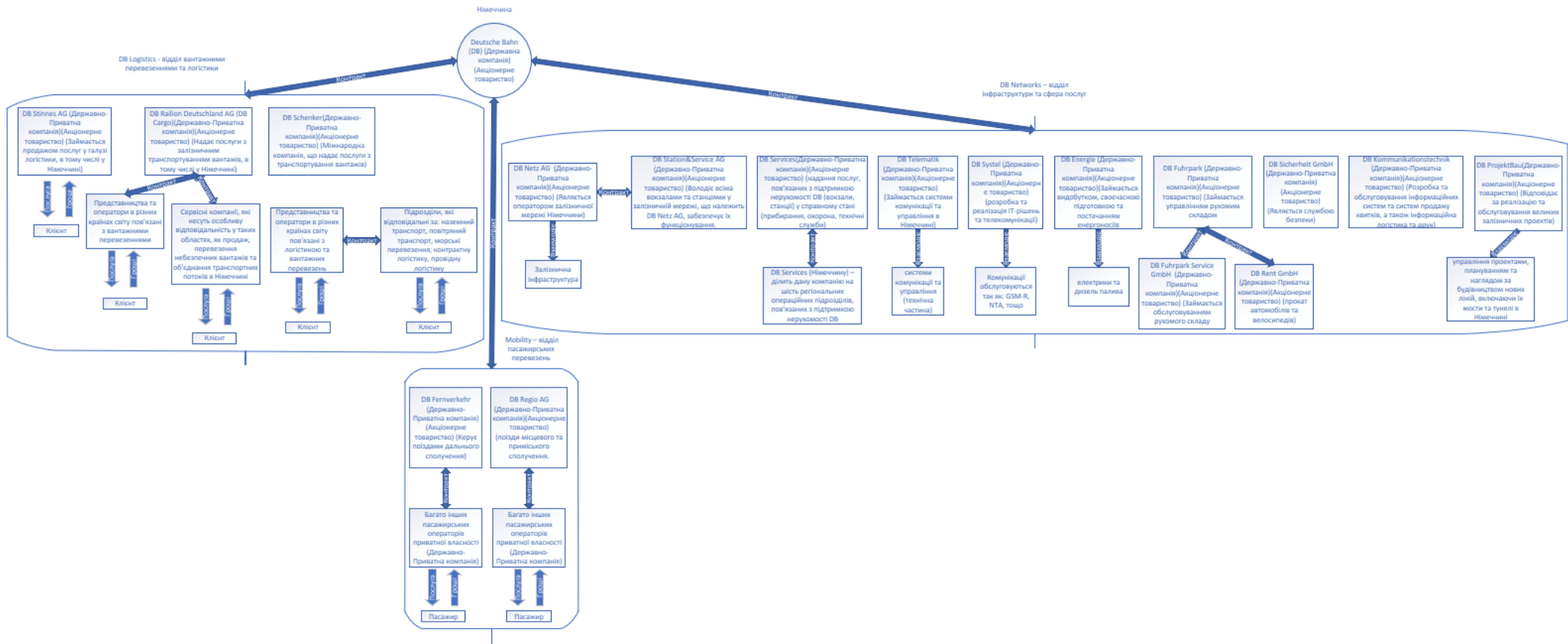


Рисунок А.3 – Структура управління Німецької залізничної компанії Deutsche Bahn AG

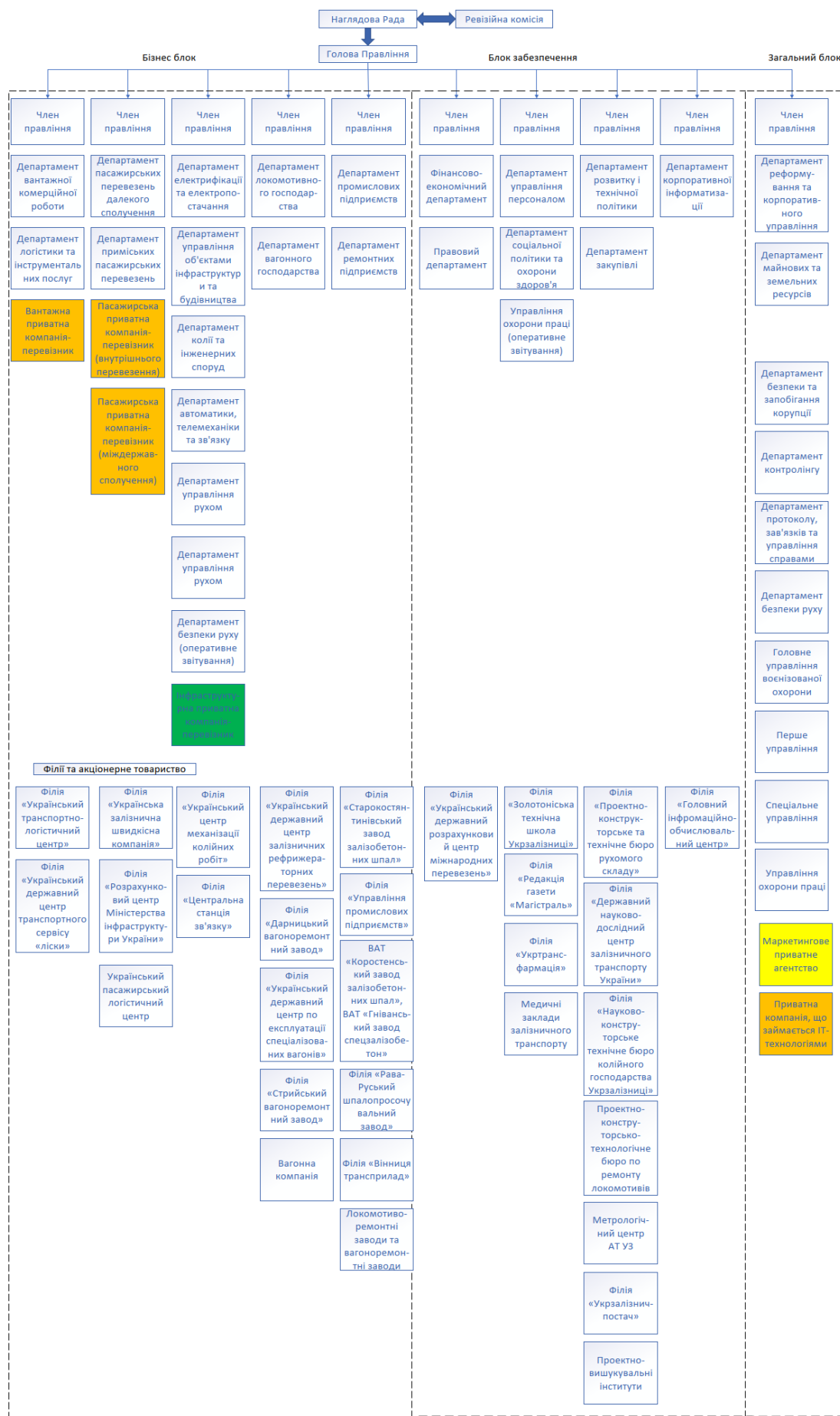


Рисунок А.5 – Удосконалена структура управління АТ Укрзалізниця

Додаток Б

Вартість будівництва залізничної станції

Таблиця Б.1 – Розрахунок вартості будівництва залізничної станції

№ п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Вартість одиниці, грн	Кількість одиниць	Вартість робіт, тис. грн
1	2	3	4	5	6
Глава 1 – Підготування території для будівництва					
1.1	Оформлення земельної ділянки, відведення земельної ділянки	га	243 200	4,15	1 009,28
1.2	Середня вартість засвоєння території будівництва	га	1 126 400	4,15	4 674,56
1.3	Відшкодування витрат і компенсації землевласникам	га	1 152 000	4,15	4 780,80
Глава 2 – Земляне полотно					
2.1	Земляне полотно станційних колій	м ³	640	59 993,85	38 396,07
2.2	Водовідвідні споруди	км	4 608 000	1,1	5 068,80
Глава 3 – Верхня будова колій					
3.1	Укладка інших станційних колій із старопридатними рейками типу Р 50, на дерев'яних шпалах	км	12 000 000	7,78	93 360,00
3.2	Укладка стрілочних переводів на станційних коліях: звичайних, нових Р 50 марки 1/9	комплект	1 210 880	12	14 530,56
3.3	Будівництво колійного упора	комплект	87 397	1	87 397,00
Глава 4 – Пристрої зв'язку, сигналізації та блокування, будівля					
4.1	Двосторонній парковий зв'язок на станціях з ЕЦ від 101 і більше стрілок	парк	52 406	1	52 406,00
4.2	Повний комплекс робіт з ЕЦ станції на 1 стрілку: - при електричній тязі	грн./стр.	1 133 568	12	13 602,82
4.3	Електро-пневматичне очищення стрілок	комплект	30 368	12	364 416,00
4.4	Релейна будка	будівля	894 224	1	894 224,00
4.5	Будівля службового приміщення	будівля	5 000 000	1	5 000,00
4.6	Витрати на обладнання приміщень будівель	будівля	7 000 000	1	7 000,00
4.7	Маневрові світлофори	шт.	10 000	14	140,00
Глава 5 – Енергетичне господарство					
5.1	Устаткування контактною мережею станційних колій при змінному струмі	км	2 150 400	7,78	16 730,11
5.2	Щогли прожекторні Т – подібного типу висотою 35 м	шт.	1 408 000	1	1 408,00
5.3	Щогли прожекторні металеві висотою 28 м	шт.	128 000	4	512,00
5.4	Зовнішнє освітлення станції: - лінії на з/б опорах	км	780 800	0,5	390,40
Загальна вартість будівництва станції філії					208 001,84

Додаток В

«Зведена таблиця готовності» залізничної компанії-перевізника

Таблиця В.1 – Приклад «зведеної таблиці готовності» залізничної компанії-перевізника

Дата та час готовності групи вагонів до перевезення	Найменування станції відправлення	Кількість вагонів у групі	Найменування станції призначення	Швидкість доставки вантажу
1	2	3	4	5
28.06.2023 00:00	A1	15	A22	1
28.06.2023 00:00	A1	25	A22	0
28.06.2023 01:00	A5	15	A25	2
28.06.2023 01:00	A5	15	A25	2
28.06.2023 01:30	A8	5	A10	1
28.06.2023 01:30	A8	5	A10	1
28.06.2023 02:00	A11	15	A2	2
28.06.2023 02:00	A11	20	A2	2
28.06.2023 02:30	A19	43	A6	0
28.06.2023 02:30	A19	9	A6	4
28.06.2023 03:00	A20	17	A7	2
28.06.2023 03:00	A20	15	A7	2
28.06.2023 03:30	A6	21	A24	0
28.06.2023 05:00	A23	41	A3	0
28.06.2023 05:00	A23	4	A3	3
28.06.2023 05:30	A19	45	A4	0
28.06.2023 06:00	A18	35	A3	1

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5
28.06.2023 06:30	A2	17	A22	2
28.06.2023 07:00	A7	25	A22	2
28.06.2023 07:30	A1	15	A15	1
28.06.2023 07:30	A1	30	A15	0
28.06.2023 08:00	A12	16	A1	2
28.06.2023 08:00	A12	15	A1	2
28.06.2023 08:30	A17	5	A3	2
28.06.2023 08:30	A17	4	A3	2
28.06.2023 09:00	A18	5	A2	4
28.06.2023 09:30	A24	11	A9	2
28.06.2023 09:30	A24	4	A9	3
28.06.2023 10:00	A22	25	A8	1
28.06.2023 10:00	A22	5	A8	4
28.06.2023 10:30	A14	36	A22	0
28.06.2023 10:30	A14	2	A22	4
28.06.2023 11:00	A3	20	A23	2
28.06.2023 11:00	A3	19	A23	2
28.06.2023 11:30	A15	5	A21	2
28.06.2023 11:30	A15	8	A21	2
28.06.2023 11:30	A15	10	A21	2
28.06.2023 12:00	A20	12	A21	4
28.06.2023 12:30	A13	27	A6	1

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5
28.06.2023 12:30	A13	13	A6	2
28.06.2023 12:30	A13	5	A6	2
28.06.2023 13:00	A4	25	A24	2
28.06.2023 13:00	A4	5	A24	3
28.06.2023 13:30	A6	20	A13	0
28.06.2023 18:30	A9	19	A1	0
28.06.2023 18:30	A9	24	A1	0
28.06.2023 19:30	A1	22	A5	1
28.06.2023 19:30	A1	11	A5	1
28.06.2023 20:00	A10	14	A24	2
28.06.2023 20:00	A10	19	A24	2
28.06.2023 20:00	A10	9	A24	3
28.06.2023 20:30	A5	8	A13	2
28.06.2023 20:30	A5	7	A13	2
28.06.2023 21:00	A8	23	A16	1
28.06.2023 21:00	A8	2	A16	4
28.06.2023 22:00	A16	17	A7	1
28.06.2023 22:00	A16	6	A7	2
28.06.2023 23:00	A11	17	A10	2
28.06.2023 23:00	A11	5	A10	2
28.06.2023 23:30	A19	30	A2	0
28.06.2023 23:30	A19	15	A2	1

Додаток Г

Структура та функціонал залізничної компанії-перевізника

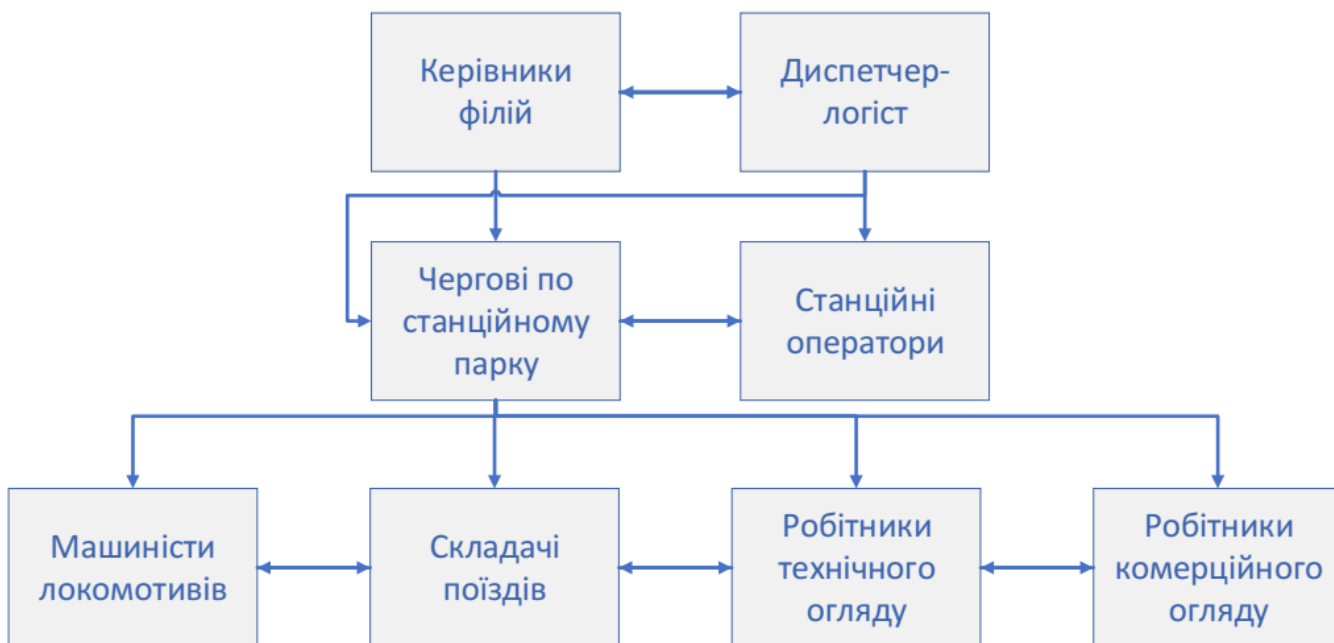


Рисунок Г.1 – Організаційна структура залізничної компанії-перевізника

Додаток Д

Графіки виконання технологічних операцій на станціях відправлення і призначення філії компанії-перевізника та пунктах навантаження-вивантаження

Операція	Час, хв	Тривалість, хв
Повідомлення працівників станції філії про формування передаточного поїзда	1 хв	
Подача на станцію філії маневрового локомотива	5 хв	
Формування передаточного поїзда з власних вагонів розташованих в парку філії	35 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду, опробування автогальм	20 хв	
Передача поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія	30 хв	
Прийом передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія	5 хв	
Подача вагонів на вантажний район або під'їзну колію	20 хв	
Розставлення вагонів по вантажним фронтам вантажного району або під'їзної колії	40 хв	
Повернення маневрового локомотиву на станцію філії	30 хв	
Виконання операцій навантаження-вивантаження	300 хв	
Повернення маневрового локомотиву на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія	30 хв	
Подача на станцію філії маневрового локомотива	5 хв	
Подача маневрового локомотиву на вантажний район або під'їзну колію	20 хв	
Збір вагонів з вантажного фронту або під'їзної колії	40 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Прибирання вагонів з вантажного району або під'їзної колії на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія	20 хв	
Повернення маневрового локомотиву на станцію філії разом з вагонами	30 хв	
Подача на станцію філії маневрового локомотива	5 хв	
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Подача поїзного локомотива під состав вантажного поїзда	20 хв	
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	10 хв	
Всього	606 хв	

Рисунок Д.1 – Графік виконання технологічних операцій на станції відправлення і пунктах навантаження-вивантаження (при формуванні і відправленні одногрупного поїзда)

Операція	Час, хв	Тривалість, хв
Повідомлення працівників станції філії про формування передаточного поїзда заявки №1	1 хв	
Подача в парк філії маневрового локомотива заявки №1	5 хв	
Формування передаточного поїзда з власних вагонів заявки №1	35 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду, опробування автогальм вагонів заявки №1	20 хв	
Передача поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №1	30 хв	
Прийом передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №1	5 хв	
Подача вагонів на вантажний район або під'їзну колію заявки №1	20 хв	
Розставлення вагонів по вантажним фронтам вантажного району або під'їзної колії заявки №1	40 хв	
Виконання операцій навантаження-вивантаження заявки №1	300 хв	
Повідомлення працівників станції філії про формування передаточного поїзда заявки №2	1 хв	
Повернення маневрового локомотиву на станцію філії	30 хв	
Подача в парк філії маневрового локомотива заявки №2	5 хв	
Формування передаточного поїзда на станції філії заявки №2	35 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду, опробування автогальм вагонів заявки №2	20 хв	
Передача поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №2	30 хв	
Прийом передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №2	5 хв	
Подача вагонів на вантажний район або під'їзну колію заявки №2	20 хв	
Розставлення вагонів по вантажним фронтам вантажного району або під'їзної колії заявки №2	40 хв	
Виконання операцій навантаження-вивантаження заявки №2	300 хв	
Передача маневрового локомотиву на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №1	30 хв	
Прийом передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №1	5 хв	
Подача маневрового локомотиву на вантажний район або під'їзну колію №1	20 хв	
Збір вагонів з вантажного фронту або під'їзної колії заявки №1	40 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів заявки №1	20 хв	
Прибирання вагонів з вантажного району або під'їзної колії на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №1	20 хв	
Передача передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №2, разом з вагонами заявки №1	30 хв	

Рисунок Д.2 – Графік виконання технологічних операцій на станції відправлення і пунктах навантаження-вивантаження (при формуванні і відправленні двогрупного поїзда) (частина 1)

Приєм передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №2	5 хв
Подача маневрового локомотиву на вантажний район або під'їзну колію №2	20 хв
Збір вагонів з вантажного фронту або під'їзної колії заявки №2	40 хв
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів заявки №2	20 хв
Прибирання вагонів з вантажного району або під'їзної колії на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія заявки №2	20 хв
Передача поїзда на станцію філії заявки №1 та №2	30 хв
Приєм передаточного поїзда на станцію філії	5 хв
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів для заявок №1 та №2	20 хв
Подача поїзного локомотива під состав вантажного поїзда для заявок №1 та №2	20 хв
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	10 хв
Всього	741 хв



Рисунок Д.3 – Графік виконання технологічних операцій на станції відправлення і пунктах навантаження-вивантаження (при формуванні і відправленні двогрупного поїзда) (частина 2)

Операції	Час, хв	Тривалість, хв
Попередження друге про прибуття поїзда на станцію філії для операції причеплення	60 хв	
Подача маневровим локомотивом вагонів для операції причеплення	5 хв	
Причеплення вагонів до маневрового локомотива	5 хв	
Прибуття на станцію філії поїзда для операції причеплення	5 хв	
Перестановка вагонів з маневрової витяжки та причеплення їх у хвіст поїзда	5 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв	
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	5 хв	
Відправлення поїзда зі станції	5 хв	
Всього	30 хв	

Рисунок Д.4 – Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзду зі зміною маси (причеплення груп вагонів)

Операції	Час, хв	Тривалість, хв
Попередження друге про прибуття поїзда на станцію філії для операції відчеплення	60 хв	
Прибуття на станцію філії поїзда для операції відчеплення	5 хв	
Подача маневрового локомотива у хвіст поїзда для операції відчеплення	5 хв	
Відчеплення вагонів з хвоста поїзда та перестановка вагонів на маневрову витяжку	5 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	5 хв	
Відправлення поїзда зі станції	5 хв	
Всього	30 хв	

Рисунок Д.5 – Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзду зі зміною маси (відчеплення груп вагонів)

Операції	Час, хв	Тривалість, хв
Попередження друге про прибуття поїзда на станцію філії для операції відчеплення	60 хв	
Прибуття на станцію філії поїзда для операції відчеплення	5 хв	
Подача маневрового локомотива у хвіст поїзда для операції відчеплення	5 хв	
Відчеплення вагонів з хвоста поїзда та перестановка вагонів на маневрову витяжку	5 хв	
Перестановка вагонів з маневрової витяжки на вільну колію філії	5 хв	
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв	
Подача маневрового локомотива до причіпної групи вагонів	5 хв	
Причеплення вагонів до маневрового локомотива	5 хв	
Витягування вагонів на маневрову витяжку	5 хв	
Перестановка вагонів з маневрової витяжки та причеплення їх у хвіст поїзда	5 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв	
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	5 хв	
Відправлення поїзда зі станції	5 хв	
Всього	65 хв	

Рисунок Д.6 – Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзду зі зміною маси (причеплення-відчеплення груп вагонів)

Операція	Час, хв	Тривалість, хв
Приймання поїзда на станцію філії	5 хв	
Відчеплення поїзного локомотива від вагонів	10 хв	
Відправлення поїзного локомотива зі станції філії	25 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Подача маневрового локомотива до вагонів	5 хв	
Причеплення до маневрового локомотива вагонів	10 хв	
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	10 хв	
Відправлення та прямування передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія вагонів призначенням	30 хв	
Прийом передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія з призначенням першої групи вагонів	5 хв	
Подача вагонів на вантажний район або під'їзну колію заявки з призначенням першої групи вагонів	20 хв	
Розставлення вагонів по вантажним фронтам вантажного району або під'їзної колії з призначенням першої групи вагонів	30 хв	
Відправлення та прямування маневрового локомотива на станцію філії	30 хв	
Виконання операцій вивантаження вагонів	300 хв	
Повернення маневрового локомотиву на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія	30 хв	
Прибуття на станцію філії маневрового локомотива	5 хв	
Подача маневрового локомотиву на вантажний район або під'їзну колію	20 хв	
Збір порожніх вагонів з вантажного фронту або під'їзної колії	30 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Прибирання вагонів з вантажного району або під'їзної колії на станції	20 хв	
Повернення передаточного поїзда на станцію філії разом з вагонами	30 хв	
Приймання на станцію філії передаточного поїзда	5 хв	
Розставлення порожніх вагонів на станції філії	30 хв	
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв	
Всього	575 хв	

Рисунок Д.7 – Графік виконання технологічних операцій на станції призначення і пунктах навантаження-вивантаження (при прийманні і розформуванні одногрупного поїзда)

Операції	Час, хв	Тривалість, хв
Приймання поїзда на станцію філії	5 хв	
Відчеплення поїзного локомотива від вагонів	10 хв	
Відправлення поїзного локомотива зі станції філії	25 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду вагонів	20 хв	
Подача маневрового локомотива до вагонів	5 хв	
Причеплення до маневрового локомотива першої групи вагонів	10 хв	
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	10 хв	
Відправлення та прямування передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія з призначенням першої групи вагонів	30 хв	
Прийом передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія з призначенням першої групи вагонів	5 хв	
Подача вагонів на вантажний район або під'їзну колію заявки з призначенням першої групи вагонів	20 хв	
Розставлення вагонів по вантажним фронтам вантажного району або під'їзної колії з призначенням першої групи вагонів	30 хв	
Виконання операцій вивантаження першої групи вагонів	300 хв	
Відправлення та прямування маневрового локомотива на станцію філії	30 хв	
Подача в парк філії маневрового локомотива за другою групи вагонів	5 хв	
Причеплення до маневрового локомотива другої групи вагонів	10 хв	
Виконання технічного та комерційного огляду	20 хв	
Випробування автогальм та вручення поїзних документів	10 хв	
Відправлення та прямування передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія з призначенням другої групи вагонів	30 хв	
Прийом передаточного поїзда на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія з призначенням другої групи вагонів	5 хв	

Рисунок Д.8 – Графік виконання технологічних операцій на станції призначення і пунктах навантаження-вивантаження (при прийманні і розформуванні двогрупного поїзда)
(частина 1)

Подача вагонів на вантажний район або під'їзну колію заявки з призначенням другої групи вагонів	20 хв	
Розставлення вагонів по вантажним фронтам вантажного району або під'їзної колії з призначенням другої групи вагонів	30 хв	
Виконання операцій вивантаження другої групи вагонів	300 хв	
Відправлення та прямування маневрового локомотива на станцію з розташуванням першої групи вагонів	30 хв	
Прийом маневрового локомотиву на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія з розташуванням першої групи вагонів	5 хв	
Подача маневрового локомотива на вантажний район або під'їзну колію заявки з розташуванням першої групи вагонів	20 хв	
Збір порожніх вагонів з вантажного фронту або під'їзної колії	30 хв	
Виконання ТО та КО вагонів	20 хв	
Відправлення та прямування передаточного поїзда на станцію філії	30 хв	
Приймання передаточного поїзда на станцію філії	5 хв	
Розставлення порожніх вагонів на станції філії	30 хв	
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв	
Відправлення та прямування маневрового локомотива на станцію з розташуванням другої групи вагонів	30 хв	
Приймання маневрового локомотива на станцію, до якої примикає вантажний район або під'їзна колія з розташуванням другої групи вагонів	5 хв	
Подача маневрового локомотива на вантажний район або під'їзну колію заявки з розташуванням другої групи вагонів	20 хв	
Збір порожніх вагонів з вантажного фронту або під'їзної колії	30 хв	
Виконання ТО та КО вагонів	20 хв	
Відправлення та прямування передаточного поїзда на станцію філії	30 хв	
Приймання на станцію філії передаточного поїзда	5 хв	
Розставлення порожніх вагонів на станції філії	30 хв	
Відчеплення маневрового локомотива	5 хв	
Всього	645 хв	

Рисунок Д.9 – Графік виконання технологічних операцій на станції призначення і пунктах навантаження-вивантаження (при прийманні і розформуванні двогрупного поїзда) (частина 2)

ДОДАТОК Е

Аналіз показників деяких видів транспорту

Таблиця Е.1 – Порівняння переваг видів транспорту

Переваги видів транспорту		
залізничний	автомобільний	водний
<ul style="list-style-type: none"> - масовість перевезень та висока провізна здатність залізниць; - незалежність від кліматичних умов, що забезпечує ритмічність перевезень та регулярність відправлень; - велика вантажопідйомність та місткість рухомого складу; - відносно невисока вартість транспортування; - універсальність рухомого складу для перевезень різних типів вантажів; - наявність спеціалізованого рухомого складу для перевезення масових, вагових та великогабаритних вантажів; - підвищення рівня схоронності вантажу 	<ul style="list-style-type: none"> - доставка вантажів «від дверей до дверей» без додаткових перевантажень на шляху прямування; - маневреність та велика рухливість, мобільність; - здатність долати круті підйоми, проходити криві малого радіусу; - автономність руху транспортного засобу; - висока швидкість доставки; - широка сфера застосування за територіальною ознакою, видом вантажу та системою сполучення 	<ul style="list-style-type: none"> - низька собівартість перевезення; - висока провізна здатність, велика вантажопідйомність; - мінімум ризиків несвоечасного відправлення, а також висока регулярність відплиття суден; - низькі капіталовкладення на розвиток морської транспортної інфраструктури; - універсальність морського транспорту; - можливість організації та виконання масових міжконтинентальних та міжнародних перевезень

Таблиця Е.2 – Показники існуючих способів організації перевезення вантажів

Вид перевезення	Кількість способів транспортування	Особливості перевезення	Тариф
Унімодальне	Один вид транспорту	Без додаткового організатора перевезення	За договором перевезення
Бімодальне	Два (або більше) видів транспорту	Послідовне перевезення з використанням окремих перевізних документів на кожний вид транспорту	За договором перевезення на кожний вид транспорту
Мультимодальне	Два (або більше) видів транспорту	Єдиний оператор перевезення, єдиний транспортний документ	Наскрізний тариф
Інтермодальне	Два (або більше) видів транспорту	Єдиний оператор перевезення, єдиний транспортний документ, уніфікована вантажна одиниця	Наскрізний тариф

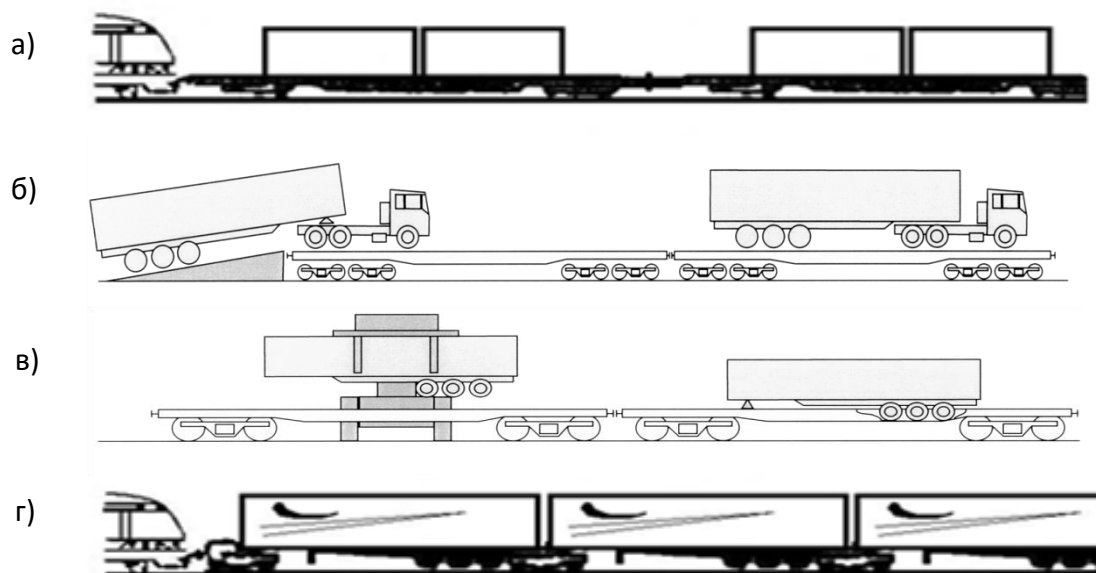


Рисунок Е.1 – Існуючі технології формування контрейлерних поїздів:

а – платформи для перевезення контейнерів; б – «шосе, що котиться»; в – платформи із спеціальним «карманами»; г – роудрейлерний поїзд

ДОДАТОК Ж

Аналіз ставок екологічних податків в Україні та за кордоном

В Україні екологічний податок – загальнодержавний обов’язковий платіж, що справляється з фактичних обсягів викидів в атмосферне повітря (ст. 14.1.57 ПКУ [133]). Слід зауважити, що ставки вуглецевого екологічного податку суттєво різняться в різних країнах. Нинішній рівень податку в Україні становить $c_{\text{атм}} = 10$ грн/т CO_2 , але для стимулювання «зелених» технологій планується його збільшити до 30 грн/т CO_2 у 2024 році. В той же час ставки вуглецевого екологічного податку $c_{\text{атм}}$ в розвинутих країнах коливаються від 1 дол. США/т (Польща) та 25 євро/т у деяких країнах ЄС до 139 дол. США/т (Швеція). Значення ставок вуглецевого екологічного податку по основних країнах світу наведено на рисунку Ж.1 (за даними публікації [89]).

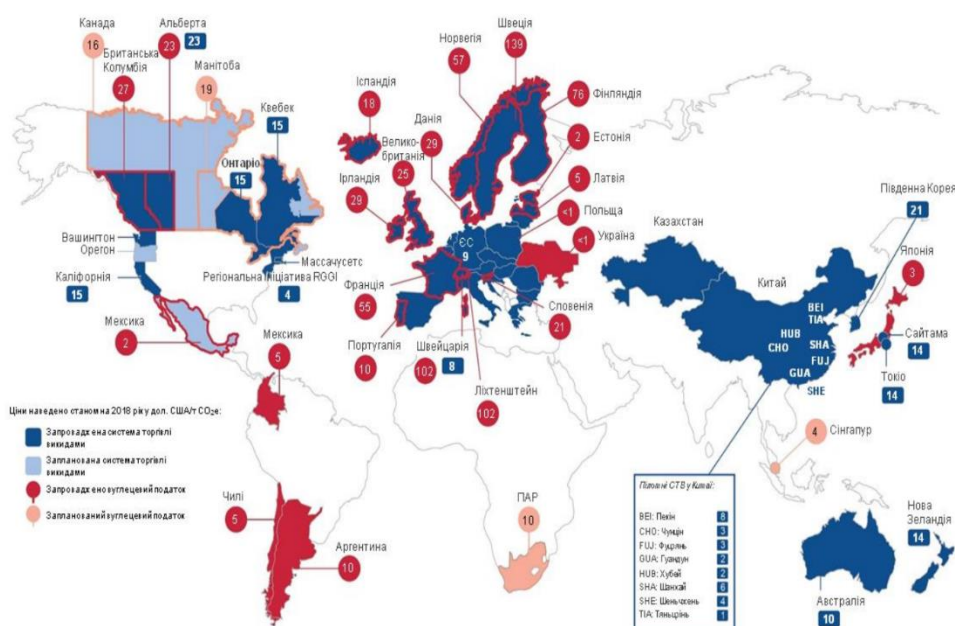


Рисунок Ж.1 – Значення ставок вуглецевого екологічного податку (дол. США/т) по основних країнах світу

Діючі ставки екологічного податку на викиди CO_2 у деяких країнах наведено у таблиці Ж.1. Як можна бачити, ставка екологічного податку в Україні є однією з найнижчих [2].

Таблиця Ж.1 – Ставки екологічного податку на викиди CO₂ у різних країнах світу

Країни	Франція	Японія	Велико-британія	Британська Колумбія (Канада)	Латвія	Білорусь
Ставка податку $C_{\text{вгтм}}$ (з тони CO ₂)	55 дол. США	3 дол. США	25 дол. США	27 дол. США	5 дол. США	30 або 55 євро*
Об'єкт оподаткування	Усі види палива, що не охоплено системою торгівлі викидами ЄС (EU ETS)	Усі види палива (за винятком сільського господарства та внутрішніх авіаперельотів)	Усі підприємства (які поки що включено до системи EU ETS)	Паливо та горючі матеріали, що використовуються для виробництва електричної енергії	Усі види палива, що не охоплено системою EU ETS	Транзитні вантажні автотранспортні засоби (в залежності від їх маси)

* Стягується у вигляді збору за транзит вантажного автотранспортного засобу, частина якого йде на екологічні потреби для усунення наслідків забруднення CO₂.

За прогнозом у 2022-2050 роках загальний обсяг викидів CO₂ в секторі перевезень вантажів в Україні збільшиться в 3,9 рази. Зростання обсягу викидів CO₂ на автомобільному та залізничному транспорті до 2050 року складе відповідно 240 і 600 %, які тільки частково будуть залежати від структури виробничої сфери.

Додаток И

Результати розрахунку та моделювання технолого-економічних показників варіантів доставки вантажів

Таблиця И.1 – Результати розрахунку технолого-економічних показників варіантів доставки вантажів на дослідному полігоні за існуючої технологією АТ Укрзалізниця

№ поїзду	Тарифна схема (для завантаженого вагона), грн	Коефіцієнти УЗ в залежності від типу вантажу	Кількість вагонів	Плата за перевезення вантажного вагону, грн	Відстань перевезення, км	Ставка плати за використання вагона, грн	Нормативна кількість діб для вантажного рейсу	Плата за використання вагона в вантажному русі, грн	Сума за перевезення вантажу без ПДВ, грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2001	7197	4,729	40	1361385	970	2167	6	520080	1881464,5
2002	3890	4,729	25	459895	430	2167	4	216700	676595,3
2003	5671	4,729	10	268182	710	2167	5	108350	376531,6
	5366	4,729	35	888153	680	2167	5	379225	1267378,5
2004	6485	4,729	35	1073365	870	2167	6	455070	1528434,8
2005	3890	4,729	43	791020	440	2167	4	372724	1163743,8
2006	3890	4,729	32	588666	445	2167	4	277376	866041,9
	3321	4,729	20	314100	360	2167	3	130020	444120,2
2007	3702	4,729	41	717777	410	2167	4	355388	1073165,1
	5061	4,729	30	718004	625	2167	5	325050	1043054,1
2008	5366	4,729	17	431389	685	2167	5	184195	615583,8
	5061	4,729	25	598337	625	2167	5	270875	869211,7
	3512	4,729	2	33216	390	2167	3	13002	46218,5
2009	4817	4,729	45	1025082	575	2167	4	390060	1415141,7
2010	7998	4,729	31	1172499	1090	2167	7	470239	1642737,8
	5061	4,729	5	119667	650	2167	5	54175	173842,3

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2011	2965	4,729	25	350537	295	2167	3	162525	513062,1
2012	2965	4,729	36	504773	300	2167	3	234036	738809,5
2013	5671	4,729	39	1045908	720	2167	5	422565	1468473,2
2014	7197	4,729	23	782796	1000	2167	6	299046	1081842,1
	6585	4,729	12	373686	885	2167	6	156024	529709,6
	4077	4,729	2	38560	455	2167	4	17336	55896,3
2015	2834	4,729	40	536079	280	2167	3	260040	796119,4
2016	4633	4,729	43	942107	550	2167	4	372724	1314830,7
2017	6280	4,729	33	980038	815	2167	6	429066	1409104,0
	5366	4,729	5	126879	665	2167	5	54175	181054,1
2018	4633	4,729	42	920197	565	2167	4	364056	1284253,2
2019	3512	4,729	23	381990	370	2167	3	149523	531512,7
2020	3702	4,729	45	787804	405	2167	4	390060	1177864,1

Таблиця И.2 – Результати моделювання технолого-економічних показників варіантів доставки вантажів на дослідному полігоні компаніями-перевізниками

Номер поїзда	кількість вагонів	відстань перевезення, км	вартість перевезення, грн	Час в дорозі, год. та хв.	Час в дорозі, діб
1	2	3	4	5	6
2001	40	970	762159	19:24	0,81
2002	25	430	357545	8:36	0,36
2003	10	710	411298	14:42	0,61
	35	680	366900	13:36	0,57
2004	35	870	681214	17:24	0,73
2005	43	440	413024	8:48	0,37

Продовження таблиці И.2

1	2	3	4	5	6
2006	32	445	386609	8:54	0,37
	20	360	298249	7:12	0,30
2007	41	410	387386	8:12	0,34
	30	625	504671	12:30	0,52
2008	17	685	253309	14:42	0,61
	25	625	236312	13:00	0,54
	2	390	93188	7:48	0,33
2009	45	575	509440	11:30	0,48
2010	31	1090	672630	22:18	0,93
	5	650	159945	13:00	0,54
2011	25	295	266545	5:54	0,25
2012	36	300	299700	6:00	0,25
2013	39	720	590934	14:24	0,60
2014	23	1000	541207	21:00	0,88
	12	885	167153	18:12	0,76
	2	455	66899	9:06	0,38
2015	40	280	485790	5:36	0,23
2016	43	550	487172	11:00	0,46
2017	33	815	508403	16:48	0,70
	5	665	201513	13:18	0,55
2018	42	565	494576	11:18	0,47
2019	23	370	311685	7:24	0,31
2020	45	405	394847	8:06	0,34

ДОДАТОК К

Процедура формування нечіткого екологічного критерію

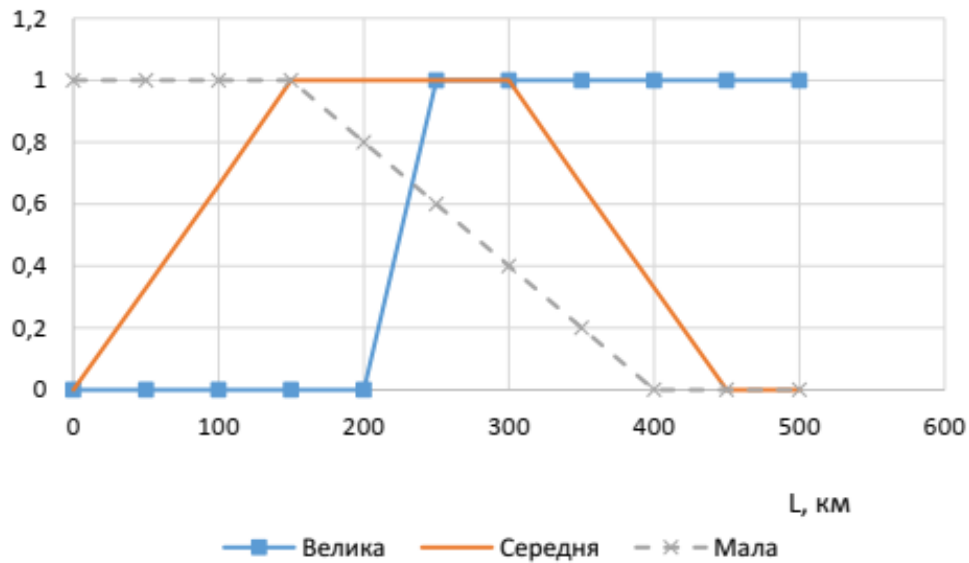


Рисунок К.1 – Функції приналежності нечіткій множині \bar{B}_2 = <відстань перевезень L >

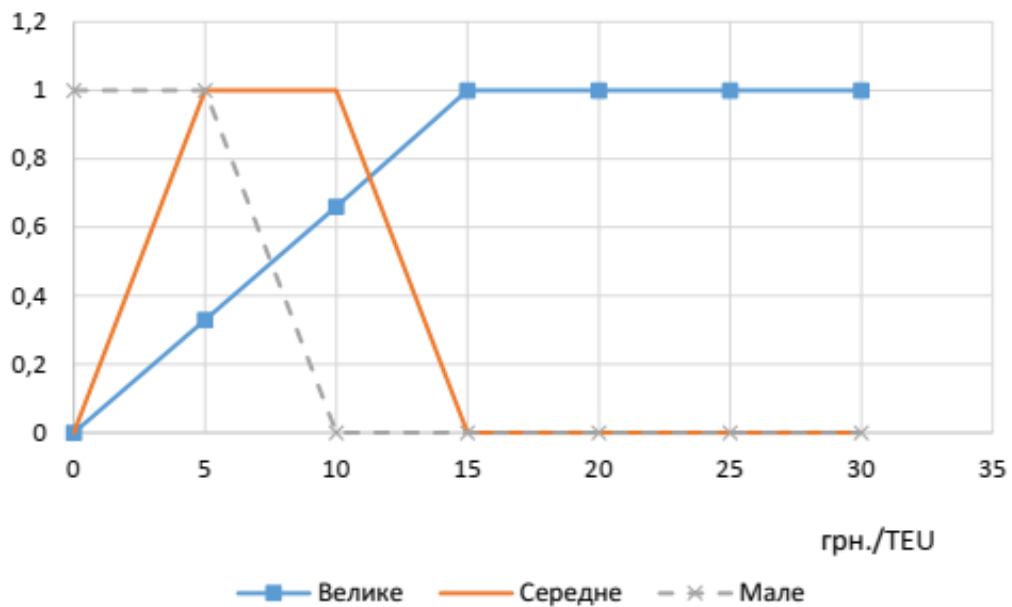


Рисунок К.2 – Функції приналежності нечіткій множині \bar{B}_3 = <розмір питомого екологічного податку >

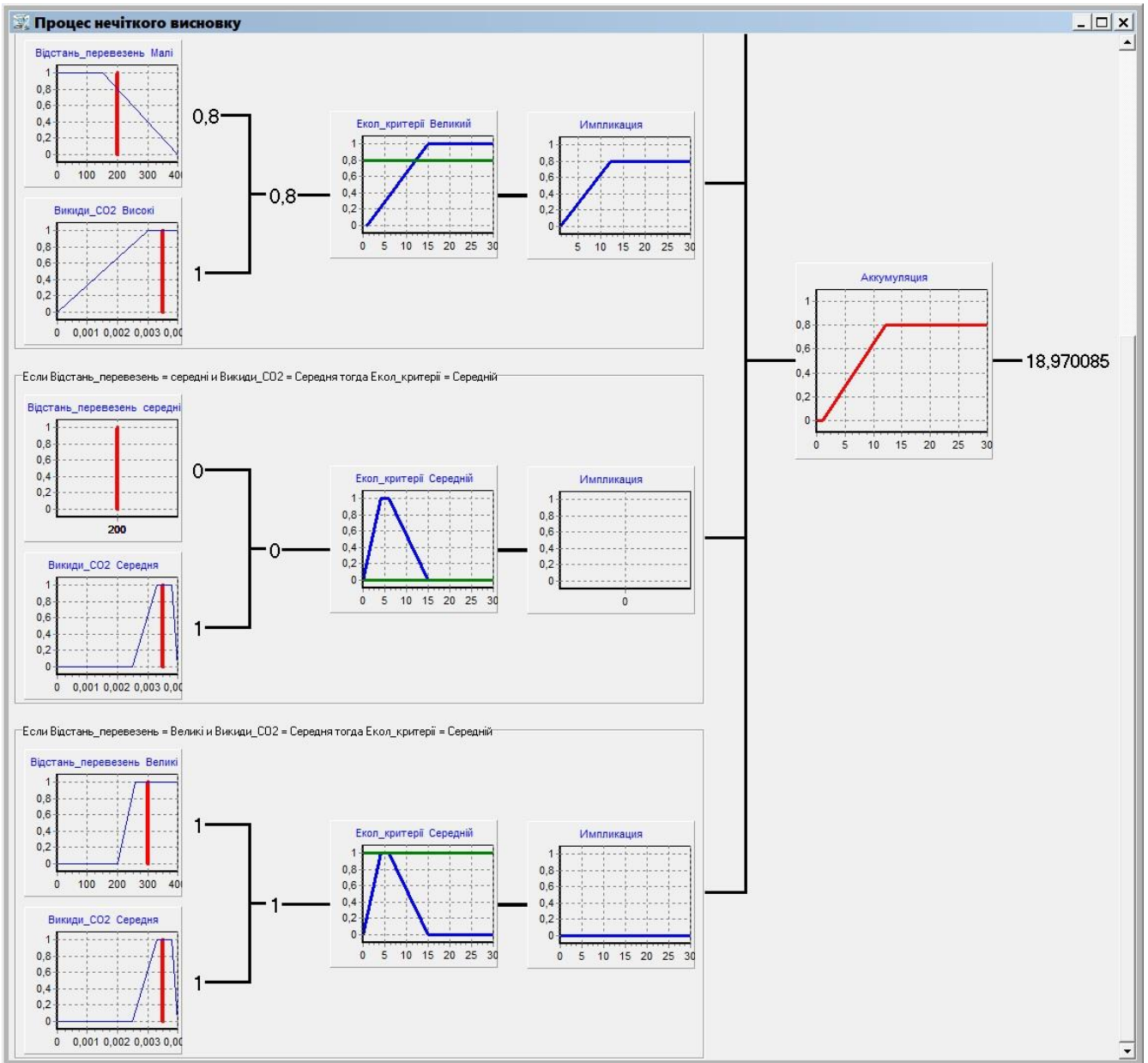


Рисунок К.3 – Процедура формування нечіткого екологічного критерію

$$\bar{B}_M \text{ для } \bar{B}_2 = \langle \text{відстань перевезень } L=200 \text{ км} \rangle$$

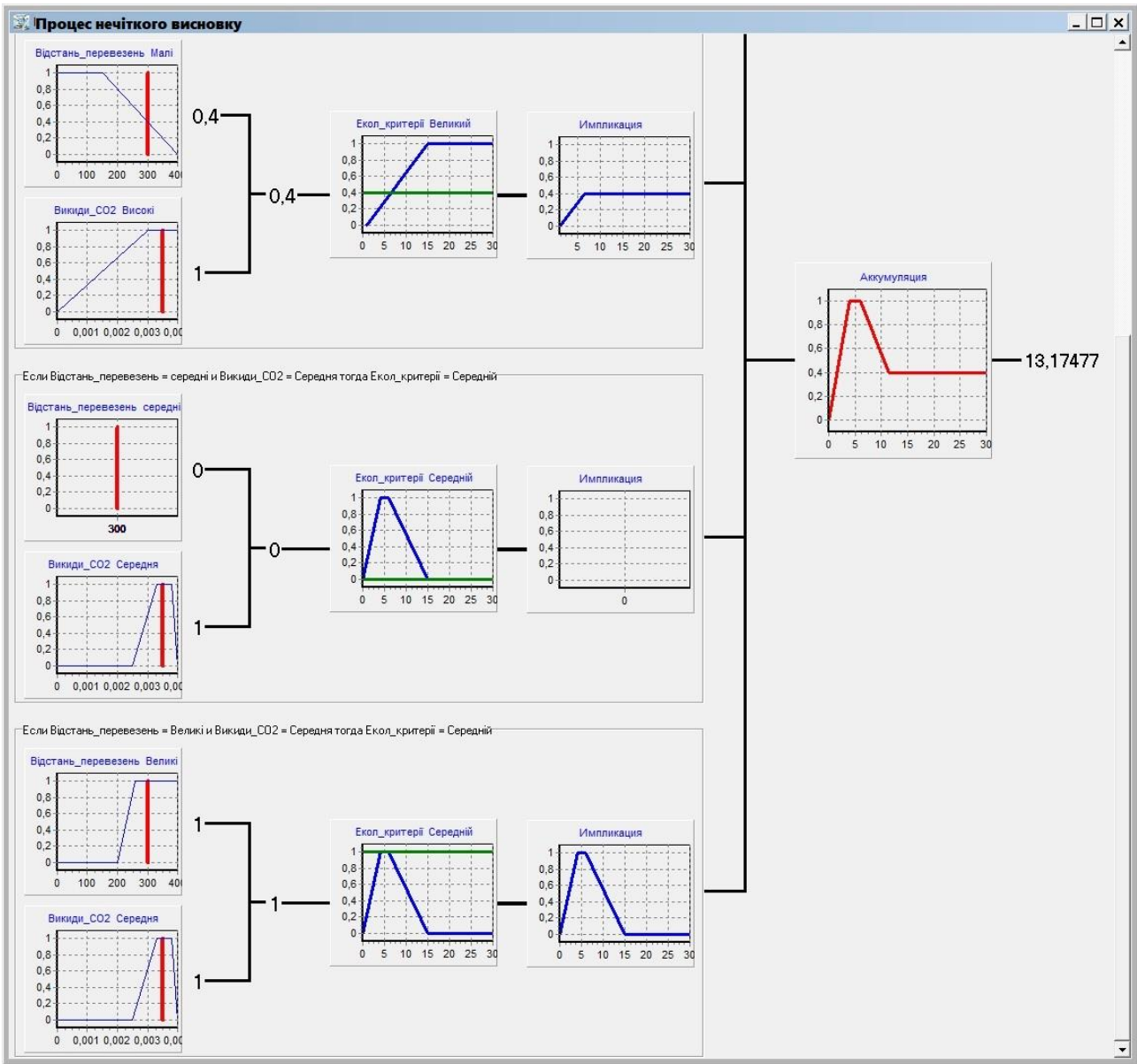


Рисунок К.4 – Процедура формування нечіткого екологічного критерію

$$\bar{B}_M \text{ для } \bar{B}_2 = \langle \text{відстань перевезень } L=300 \text{ км} \rangle$$

ДОДАТОК Л

Вихідні дані та рішення двоетапної транспортної задачі з нечіткими критеріями перевезення контейнерів на дослідному полігоні з урахуванням екологічного критерію

Таблиця Л.1 – Загальні обсяги перевезень вантажів залізницями України за 2021-2022 роки

Вид сполучення	2022 рік			2021 рік			ОБСЯГИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ		ВАНТАЖООБІГ		СЕРЕДНЯ ВІДСТАНЬ	
	ВСЬОГО МЛН.ТОНН	ВСЬОГО МЛН Т/КМ	СЕРЕДНЯ ВІДСТАНЬ, КМ	ВСЬОГО МЛН.ТОНН	ВСЬОГО МЛН Т/КМ	СЕРЕДНЯ ВІДСТАНЬ, КМ	% до 2021	"+";"-" до 2021 (млн.тонн)	% до 2021	"+";"-" до 2021 (млн.т/км)	% до 2021	"+";"-" до 2021 (км)
Транзит	2.65	2 365.02	891	11.50	13 016.63	1 132	23.08	-8.85	18.17	-10 651.61	78.72	-241
Імпорт	12.39	7 133.57	576	40.62	21 016.15	517	30.51	-28.22	33.94	-13 882.58	111.24	58
Експорт	59.42	49 634.63	835	112.37	80 196.85	714	52.88	-52.95	61.89	-30 562.22	117.04	122
Внутрішнє сполучення	76.11	35 429.48	465	149.84	66 131.35	441	50.79	-73.73	53.57	-30 701.87	105.47	24
Всього	150.58	94 562.70	628	314.33	180 360.98	574	47.91	-163.75	52.43	-85 798.28	109.44	54
Всього без транзиту	147.93	92 197.68	623	302.83	167 344.35	553	48.85	-154.90	55.09	-75 146.66	112.79	71

Таблиця Л.2 - Обсяги перевезень номенклатури вантажів залізницями України за 2021-2022 роки

Найменування вантажу	Перевезено всього				В тому числі															
					У внутрішн. сполученні				Ввіз(імпорт)				Вивіз(експорт)				Транзит			
	тис.тонн 2022	тис.тонн 2021	+/- до 2021	% до 2021	тис.тонн 2022	тис.тонн 2021	+/- до 2021	% до 2021	тис.тонн 2022	тис.тонн 2021	+/- до 2021	% до 2021	тис.тонн 2022	тис.тонн 2021	+/- до 2021	% до 2021	тис.тонн 2022	тис.тонн 2021	+/- до 2021	% до 2021
Всього:	150 582.4	314 332.7	-163 750.3	-52.1	76 111.4	149 842.2	-73 730.8	-49.2	12 393.9	40 618.4	-28 224.5	-69.5	59 422.6	112 370.8	-52 948.2	-47.1	2 654.5	11 501.3	-8 846.8	-76.9
КАМ'ЯНЕ ВУГІЛЛЯ	29 522.4	50 206.0	-20 683.6	-41.2	23 876.5	29 004.9	-5 128.4	-17.7	4 402.7	19 213.3	-14 810.6	-77.1	755.7	10.3	745.4	7 226.0	487.5	1 977.5	-1 490.0	-75.3
НАФТА І НАФТОПРОДУКТИ	7 083.6	12 381.6	-5 298.0	-42.8	3 023.1	2 844.1	179.0	6.3	3 949.5	8 781.6	-4 832.1	-55.0	41.4	210.1	-168.8	-80.3	69.7	545.9	-476.1	-87.2
РУДА ЗАЛІЗНА І МАРГАНЦЕВА	31 691.7	77 584.7	-45 893.0	-59.2	8 531.4	27 736.5	-19 205.1	-69.2	164.3	380.4	-216.1	-56.8	22 143.7	44 602.6	-22 458.9	-50.4	852.4	4 865.3	-4 012.9	-82.5
РУДА КОЛЬОРОВА І СІРЧАНА СИРОВИНА	1 141.3	4 119.5	-2 978.2	-72.3	193.0	584.7	-391.7	-67.0	351.5	1 236.2	-884.7	-71.6	595.2	2 298.6	-1 703.3	-74.1	1.5	0.0	1.5	-
ЧОРНІ МЕТАЛИ	9 161.9	21 719.2	-12 557.4	-57.8	3 364.4	4 326.1	-961.7	-22.2	180.9	516.8	-336.0	-65.0	5 478.3	15 719.7	-10 241.4	-65.2	138.4	1 156.6	-1 018.3	-88.0
КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І ВИРОБИ З НИХ	10.6	38.6	-28.0	-72.5	1.9	0.2	1.7	1 086.3	6.9	25.0	-18.1	-72.5	0.8	3.5	-2.7	-77.6	1.1	9.9	-8.9	-89.3
ЛІСНІ ВАНТАЖІ	962.9	1 485.3	-522.4	-35.2	450.9	438.7	12.3	2.8	60.8	228.8	-168.0	-73.4	406.2	596.3	-190.1	-31.9	44.9	221.5	-176.6	-79.7
ХІМІЧНІ І МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА	3 159.7	10 706.7	-7 547.1	-70.5	1 786.2	5 705.2	-3 918.9	-68.7	837.3	3 183.6	-2 346.2	-73.7	294.0	1 013.4	-719.4	-71.0	242.1	804.6	-562.5	-69.9
ХІМІКАТИ	849.1	3 229.0	-2 379.9	-73.7	307.5	1 103.8	-796.3	-72.1	267.5	917.6	-650.1	-70.8	193.5	737.0	-543.5	-73.7	80.5	470.6	-390.1	-82.9
АВТОМОБІЛІ	17.9	37.7	-19.8	-52.4	4.4	4.2	0.3	6.1	12.9	24.2	-11.2	-46.4	0.0	0.0	0.0	-3.3	0.6	9.4	-8.8	-94.1
МАШИНИ І УСТАТКУВАННЯ	54.1	141.8	-87.8	-61.9	35.2	49.7	-14.4	-29.0	10.5	19.9	-9.4	-47.2	4.7	36.7	-32.1	-87.3	3.7	35.6	-31.9	-89.7
ЗЕРНО І ПРОДУКТИ ПОМЕЛУ	28 871.3	33 665.9	-4 794.6	-14.2	5 758.3	3 600.3	2 157.9	59.9	87.9	215.7	-127.8	-59.2	22 550.2	29 260.0	-6 709.8	-22.9	475.0	589.9	-114.9	-19.5
КОКС	1 916.4	4 994.9	-3 078.5	-61.6	1 522.9	3 956.3	-2 433.5	-61.5	391.7	862.6	-470.9	-54.6	1.9	175.9	-174.1	-98.9	0.0	0.0	0.0	-
БРУХТ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ	627.8	2 251.1	-1 623.4	-72.1	608.4	2 204.0	-1 595.6	-72.4	1.7	19.3	-17.5	-91.0	15.5	22.5	-7.0	-31.2	2.1	5.3	-3.2	-59.5
МІНБУДМАТЕРІАЛИ	22 823.3	65 695.6	-42 872.3	-65.3	19 441.4	51 284.7	-31 843.4	-62.1	662.6	2 750.4	-2 087.8	-75.9	2 680.4	11 450.4	-8 770.1	-76.6	39.0	210.0	-171.0	-81.4
ЦЕМЕНТ	2 876.8	6 368.9	-3 492.1	-54.8	1 982.1	5 370.7	-3 388.6	-63.1	2.9	30.5	-27.7	-90.7	889.7	957.4	-67.7	-7.1	2.1	10.3	-8.3	-80.0
СІЛЬ	578.5	1 862.3	-1 283.8	-68.9	370.3	1 060.4	-690.1	-65.1	80.1	68.8	11.3	16.4	125.2	724.4	-599.2	-82.7	2.9	8.7	-5.8	-66.4
ІНШІ ВАНТАЖІ	9 233.3	17 844.0	-8 610.7	-48.3	4 853.4	10 567.9	-5 714.5	-54.1	922.3	2 143.7	-1 221.4	-57.0	3 246.4	4 552.0	-1 305.6	-28.7	211.2	580.4	-369.2	-63.6

*Згідно зі звітом ЦО-12

Таблиця Л.3 - Вихідні дані до розрахунку плану перевезень контейнерів

Відстані			Відстані				
Термінал	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт	Пункт призначення			
	Мостиська	Шегині		Гданськ	Краков	Познань	Щецин
С-1 (Київ)	585	597	Р-1 (Мостиська)	757	220	714	774
С-2 (Харків)	1024	1125	Р-2 (Шегині)	826	258	722	903
С-3 (Одеса)	786	884					

Тариф, грн/TEU			Тариф, , грн/TEU				
Термінал	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт	Пункт призначення			
	Мостиська	Шегині		Гданськ	Краков	Познань	Щецин
С-1 (Київ)	34438	33505	Р-1 (Мостиська)	42667	16977	40610	43480
С-2 (Харків)	55440	57286	Р-2 (Шегині)	43819	18236	39135	47287
С-3 (Одеса)	44054	46431					

Таблиця Л.4 - Базовий план перевезення контейнерів на дослідному полігоні

Базовий план перевезень TEU										
Термінал	Запас		Розподільчий пункт	Пропускна спроможність		Пункт призн.	Потреба			
Київ	50		Мостиська	180		Гданськ	80			
Харків	60		Шегині	90		Краков	20			
Одеса	70		Разом:	270		Познань	30			
Разом:	180					Щецин	50			
						Разом:	180			
Витрати на перевезення 1 TEU				Витрати на перевезення 1 TEU						
Сховище	Розподільчий пункт			Розподільчий пункт	Пункти призначення					
	Мостиська	Шегині			Гданськ	Краков	Познань	Щецин		
Київ	34538,90	33607,64		Мостиська	42948,21	17258,13	40890,96	43761,36		
Харків	55540,66	57390,85		Шегині	44140,70	18422,96	39431,82	47627,08		
Одеса	44154,74	46535,26								

Обсяг перевезень , TEU				Обсяг перевезень, TEU					
Термінал	Розподільчий пункт			Розподільчий пункт	Пункти призначення				Всього
	Мостисьька	Шегині	Всього		Гданськ	Краков	Познань	Щецин	
Київ	25	25	50	Мостисьька	40	10	15	25	90
Харків	30	30	60	Шегині	40	10	15	25	90
Одеса	35	35	70	Всього	80	20	30	50	
Всього	90	90							
Витрати на перевезення									
На першому етапі		8 265 758,67 ₪							
На другому етапі		7 329 920,01 ₪							
Загальні		15 595 678,68 ₪							
Обсяг перевезень TEU, тр. засобів									
Термінал	Розподільчий пункт			Розподільчий пункт	Пункти призначення				Всього
	Мостисьька	Шегині	Всього		Гданськ	Краков	Познань	Щецин	
Київ	12,5	25		Мостисьька	20	5	7,5	12,5	
Харків	15	30		Шегині	40	10	15	25	
Одеса	18	35							

Таблиця Л.5 - Оптимальне рішення двоетапної транспортної задачі цілочисельного програмування перевезення контейнерів на дослідному полігоні з урахуванням нечіткого екологічного критерію

Оптимізація плану перевезень TEU									
Термінал	Запас		Розподільчий пункт	Пропускна спроможність		Пункт призн.	Потреба		
Київ	50		Мостиська	180		Гданськ	80		
Харків	60		Шегині	90		Краков	20		
Одеса	70		Разом:	270		Познань	30		
Разом:	180					Щецин	50		
						Разом:	180		
Витрати на перевезення 1 TEU				Витрати на перевезення 1 TEU					
Сховище	Розподільчий пункт			Розподільчий пункт	Пункти призначення				
	Мостиська	Шегині			Гданськ	Краков	Познань	Щецин	
Київ	34538,90	33607,64		Мостиська	42948,21	17258,13	40890,96	43761,36	
Харків	55540,66	57390,85		Шегині	44140,70	18422,96	39431,82	47627,08	
Одеса	44154,74	46535,26							

Обсяг перевезень , TEU			Обсяг перевезень, TEU						
Термінал	Розподільчий пункт		<i>Всього</i>	Розподільчий пункт	Пункти призначення				<i>Всього</i>
	Мостиська	Шегині			Гданськ	Краков	Познань	Щецин	
Київ	50	0	50	Мостиська	80	0	0	40	120
Харків	0	60	60	Шегині	0	20	30	10	60
Одесв	70	0	70	<i>Всього</i>	80	20	30	50	
<i>Всього</i>	120	60							
Витрати на перевезення									
На першому етапі		8 261 227,61 ₪							
На другому етапі		7 213 995,80 ₪							
Загальні		15 475 223,41 ₪							
Обсяг перевезень TEU, тр. засобів				Обсяг перевезень TEU, тр. Засобів					
Термінал	Розподільчий пункт			Розподільчий пункт	Пункти призначення				
	Мостиська	Шегині			Гданськ	Краков	Познань	Щецин	
Київ	25	0		Мостиська	40	0	0	20	
Харків	0	60		Шегині	0	20	30	10	
Одесв	35	0							

ДОДАТОК М

Розрахунки перевірки на адекватність результатів моделювання показників постачання вантажів компанією-перевізником у внутрішньому сполученні в умовах конкуренції

Для верифікації результатів моделювання показників постачання вантажів компанією-перевізником у внутрішньому сполученні в умовах конкуренції запропоновано використати рівняння парної регресії. Цей метод застосовують для наочного зображення форми зв'язку між показниками, що вивчаються. Для цього у прямокутній системі координат будують графік. По осі ординат відкладають індивідуальні значення результативної ознаки Y (у нашому випадку - $e_B^П$), а по осі абсцис - індивідуальні значення факторної ознаки X (у нашому випадку - e_B^{Y3}). З поля кореляції можна висунути гіпотезу (для генеральної сукупності) у тому, що зв'язок між усіма можливими значеннями X і Y носить лінійний характер. Лінійне рівняння регресії має вигляд $y = bx + a$. Оціночне рівняння регресії (побудоване за вибірковими даними) матиме вигляд $y = bx + a + \varepsilon$, де ε_i - значення (оцінки) помилок, що спостерігаються ε_i , a та b відповідно оцінки параметрів a та β регресійної моделі, які слід знайти. Тут ε випадкова помилка (відхилення, обурення). Причини існування випадкової помилки:

1. Невключення до регресійної моделі значних пояснюючих змінних;
2. Агрегування змінних;
3. Неправильний опис структури моделі;
4. Неправильна функціональна специфікація;
5. Помилки виміру.

Оскільки відхилення ε_i кожного з конкретних спостережень i випадкові та його значення у вибірці невідомі, то: 1) за спостереженнями x_i та y_i можна отримати лише оцінки параметрів a та β ; 2) оцінками параметрів i регресійної моделі є відповідно величини a і b , які носять випадковий характер, так як відповідають випадковій вибірці. Для оцінки параметрів i використовують МНК. Метод найменших квадратів дає найкращі (заможні, ефективні та незміщені) оцінки параметрів рівняння регресії.

Але тільки в тому випадку, якщо виконуються певні передумови щодо випадкового члена (ε) та незалежної змінної (x). Формально критерій МНК можна записати так:

$$S = \sum (y_i - y^i)^2 \rightarrow \min \quad (\text{M.1})$$

Система звичайних рівнянь.

$$a \cdot n + b \cdot \sum x = \sum ya \cdot \sum x + b \cdot \sum x^2 = \sum y \cdot x \quad (\text{M.2})$$

Отримуємо емпіричні коефіцієнти регресії: $b = 1,1266$, $a = 19,145$.

1. Параметри рівняння регресії. Вибіркові середні:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (\text{M.3})$$

$$\bar{x} = \frac{510,06}{20} = 25,503$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad (\text{M.4})$$

$$\bar{y} = \frac{792,64}{20} = 39,632$$

$$\overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n} \quad (\text{M.5})$$

$$\overline{xy} = \frac{20768,4}{20} = 1038,42$$

2. Вибіркові дисперсії:

$$S(x)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \bar{x}^2 \quad (\text{M.6})$$

$$S(x)^2 = \frac{13986,653}{20} - 25,503^2 = 48,93$$

$$S(y)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} - \bar{y}^2 \quad (\text{M.7})$$

$$S(y)^2 = \frac{31905,44}{20} - 39,632^2 = 24,58$$

3. Середньоквадратичне відхилення:

$$S(x) = \sqrt{S^2(x)} \quad (\text{M.8})$$

$$S(x) = \sqrt{48,93} = 6,995$$

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} \quad (\text{M.9})$$

$$S(y) = \sqrt{24,58} = 4,957$$

4. Коваріація:

$$cov(x, y) = \overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y} \quad (\text{M.10})$$

$$cov(x, y) = 1038,42 - 25,503 \cdot 39,632 = 27,68$$

Розраховуємо показник тісноти зв'язку. Таким показником є вибірковий лінійний коефіцієнт кореляції, який розраховується за такою формулою:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s(x) \cdot s(y)} \quad (\text{M.11})$$

$$r_{xy} = \frac{1038,42 - 25,503 \cdot 39,632}{6,995 \cdot 4,957} = 0,798$$

Лінійний коефіцієнт кореляції набуває значення від -1 до $+1$. Зв'язки між ознаками можуть бути слабкими та сильними (тісними). Їхні критерії оцінюються за шкалою Чеддока: $0,1 < r_{xy} < 0,3$: слабка; $0,3 < r_{xy} < 0,5$: помірна; $0,5 < r_{xy} < 0,7$: помітна; $0,7 < r_{xy} < 0,9$: висока; $0,9 < r_{xy} < 1$: дуже висока.

У нашому прикладі зв'язок між ознакою Y та фактором X високий та прямий.

Значимість коефіцієнта кореляції. Висуваємо гіпотези: $H_0: r_{xy}=0$, немає лінійного взаємозв'язку між змінними; $H_1: r_{xy} \neq 0$, є лінійний взаємозв'язок між змінними. Для того, щоб при рівні значущості α перевірити нульову гіпотезу про рівність нуля генерального коефіцієнта кореляції нормальної двовимірної випадкової величини при конкуруючій гіпотезі $H_1 \neq 0$, треба обчислити значення критерію, що спостерігається (величина випадкової помилки):

$$t_{набл} = r_{xy} \cdot \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} \quad (\text{M.12})$$

За таблицею критичних точок розподілу Стьюдента, за заданим рівнем значущості α і числом ступенів свободи $k=n-2$ знайти критичну точку $t_{крит}$ двосторонньої критичної області. Якщо $t_{набл} < t_{крит}$, підстав відкинути нульову гіпотезу немає. Якщо $|t_{набл}| > t_{крит}$, нульову гіпотезу відкидають.

$$t_{набл} = 0,798 \cdot \frac{\sqrt{18}}{\sqrt{1 - 0,798^2}} = 5,625$$

За таблицею Стьюдента з рівнем значущості $\alpha=0,1$ та ступенями свободи $k=18$ знаходимо $t_{крит}$: $t_{крит}(nm-1; \alpha/2) = t_{крит}(18; 0,05) = 2,101$ де $m=1$ – кількість пояснюючих

змінних. Якщо $|t_{набл}| > t_{крит}$, то отримане значення коефіцієнта кореляції визнається значним (нульова гіпотеза, яка стверджує рівність нуля коефіцієнта кореляції, відкидається). Оскільки $|t_{набл}| > t_{крит}$, то відхиляємо гіпотезу про рівність 0 коефіцієнта кореляції. Інакше кажучи, коефіцієнт кореляції статистично – значимий. У парній лінійній регресії $t^{2r}=t^{2b}$ і тоді перевірка гіпотез про значущість коефіцієнтів регресії та кореляції рівносильна перевірці гіпотези про суттєвість лінійного рівняння регресії.

5. Помилка апроксимації. Оцінимо якість рівняння регресії за допомогою помилки абсолютної апроксимації. Середня помилка апроксимації - середнє відхилення розрахункових значень від фактичних:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - y_x|}{y_i}}{n} \cdot 100\% \quad (M.13)$$

Помилка апроксимації в межах 5-7% свідчить про хороший вибір рівняння регресії до вихідних даних.

$$\bar{A} = \frac{1,293}{20} \cdot 100\% = 6,46\%$$

У середньому розрахункові значення відхиляються від фактичних на 6,46%. Оскільки помилка менше 7%, то дане рівняння можна використовувати як регресію.

6. Оцінка параметрів рівняння регресії. Аналіз точності визначення оцінок коефіцієнтів регресії. Незміщеною оцінкою дисперсії збурень є величина:

$$S^2 = \frac{\sum (y_i - y_x)^2}{n - m - 1} \quad (M.14)$$

$$S^2 = \frac{178,245}{18} = 9,903$$

$S^2=9,903$ - неояснена дисперсія або дисперсія помилки регресії (міра розкиду залежної змінної навколо лінії регресії). $S = \sqrt{S^2} = \sqrt{9,903} = 3,15$ – стандартна помилка оцінки. Стандартна помилка регресії розглядається як міра розкидання даних спостережень від змодельованих значень. Чим менше значення стандартної помилки регресії, тим якість моделі вища. S_a - стандартне відхилення випадкової величини a .

$$S_a = S \cdot \frac{\sqrt{\sum x^2}}{nS(x)} \quad (\text{M.15})$$

$$S_a = 3,15 \cdot \frac{\sqrt{13986,65}}{20 \cdot 6,995} = 2,66$$

де S_b - Стандартне відхилення випадкової величини b .

$$S_b = \frac{s}{\sqrt{n} \cdot S(x)} \quad (\text{M.16})$$

$$S_b = \frac{3,15}{\sqrt{20} \cdot 6,995} = 0,101$$

7. Перевірка гіпотез щодо коефіцієнтів лінійного рівняння регресії. За допомогою МНК отримали лише оцінки параметрів рівняння регресії, які притаманні конкретному статистичному спостереженню (конкретному набору значень x і y). Перевіримо гіпотезу H_0 про рівність окремих коефіцієнтів регресії нулю (при альтернативі H_1 не дорівнює) лише на рівні значимості $\alpha=0,1$. $H_0: b=0$, тобто між змінними x та y відсутній лінійний взаємозв'язок у генеральній сукупності; $H_1: b \neq 0$, тобто між змінними x та y є лінійний взаємозв'язок у генеральній сукупності. Якщо основна гіпотеза виявиться неправильною, приймаємо альтернативну. Для перевірки цієї гіпотези використовується t-критерій Стьюдента. Знайдене за даними

спостережень значення t-критерію (його ще називають таким, що спостерігається, або фактичним) порівнюється з табличним (критичним) значенням, що визначається за таблицями розподілу Стюдента. Табличне значення визначається залежно від рівня значущості (α) та числа ступенів свободи, яке у разі лінійної парної регресії дорівнює $(n-2)$, де n - число спостережень. Якщо фактичне значення t-критерію більше табличного (за модулем), то основну гіпотезу відкидають і вважають, що з ймовірністю $(1-\alpha)$ параметр або статистична характеристика в генеральній сукупності значно відрізняється від нуля. Якщо фактичне значення t-критерію менше табличного (за модулем), немає підстав відкидати основну гіпотезу, тобто параметр або статистична характеристика генеральної сукупності незначно відрізняється від нуля при рівні значимості α .

$$t_{\text{крит}}(nm - 1; \frac{\alpha}{2}) \quad (\text{M.17})$$

$$t_{\text{крит}}(18; 0,05) = 2,101$$

$$t_b = \frac{b}{s_b} \quad (\text{M.18})$$

$$t_b = \frac{0,566}{0,101} = 5,62$$

Оскільки $5,62 > 2,101$, то статистична значущість коефіцієнта регресії b підтверджується (відкидаємо гіпотезу про рівність нулю цього коефіцієнта).

$$t_a = \frac{a}{s_a} \quad (\text{M.19})$$

$$t_a = \frac{25,202}{2,66} = 9,47$$

Оскільки $9,47 > 2,101$, то статистична значущість коефіцієнта регресії a підтверджується (відкидаємо гіпотезу про рівність нулю цього коефіцієнта).

Перевірка на наявність автокореляції залишків. Важливою причиною побудови якісної регресійної моделі МНК є незалежність значень випадкових відхилень від значень відхилень в інших спостереженнях. Це гарантує відсутність корелювання між будь-якими відхиленнями i , зокрема, між сусідніми відхиленнями. Автокореляція (послідовна кореляція) визначається як кореляція між показниками, що спостерігаються, упорядкованими в часі (тимчасові ряди) або в просторі (перехресні ряди). Найчастіше позитивна автокореляція викликається спрямованим постійним впливом деяких неврахованих у моделі чинників. Негативна автокореляція фактично означає, що за позитивним відхиленням слідує негативне і навпаки, тобто сезонна.

Виявлення автокореляції за критерієм Дарбіна-Уотсона. Цей критерій є найбільш відомим для виявлення автокореляції. При статистичному аналізі рівняння регресії на початковому етапі часто перевіряють здійсненність однієї причини: умови статистичної незалежності відхилень між собою. При цьому перевіряється некорельованість сусідніх величин e_i .

Таблиця М.1 – допоміжна таблиця для розрахунку перевірки на адекватність результатів моделювання показників постачання вантажів компанією-перевізником у внутрішньому сполученні в умовах конкуренції

y	$y(x)$	$e_i = y - y(x)$	e^2	$(e_i - e_{i-1})^2$
1	2	3	4	5
35,09	36,315	-1,225	1,5	0
42,78	44,021	-1,241	1,54	0,000268
37,42	39,449	-2,029	4,118	0,621
35,25	37,859	-2,609	6,808	0,336
41,81	37,554	4,256	18,115	47,136

Продовження таблиці М.1

1	2	3	4	5
42,11	43,274	-1,164	1,355	29,38
40,38	39,398	0,982	0,964	4,605
37,89	36,96	0,93	0,866	0,00264
39,62	36,343	3,277	10,739	5,507
34,89	37,922	-3,032	9,19	39,799
47,53	45,651	1,879	3,532	24,118
46,74	40,903	5,837	34,066	15,659
37,25	37,107	0,143	0,0205	32,415
34,61	37,905	-3,295	10,854	11,818
47,86	49,741	-1,881	3,54	1,997
27,88	33,361	-5,481	30,042	12,958
36,63	38,493	-1,863	3,471	13,091
38,78	36,994	1,786	3,191	13,318
44,89	45,928	-1,038	1,077	7,976
43,23	37,463	5,767	33,256	46,302
			178,245	307,039

Для аналізу корельованості відхилень використовують статистику Дарбіна-Уотсона:

$$DW = \frac{\sum(e_i - e_{i-1})^2}{\sum e_i^2} \quad (\text{М.20})$$

$$DW = \frac{307,04}{178,25} = 1,72$$

Критичні значення d_1 і d_2 визначаються на основі спеціальних таблиць для необхідного рівня значущості α , числа спостережень $n=20$ і кількості змінних, що пояснюють $m=1$. Автокореляція відсутня, якщо виконується така умова: $d_1 < DW$ та $d_2 < DW < 4 - d_2$. Не звертаючись до таблиць, можна скористатися приблизним правилом і вважати, що автокореляція залишків відсутня, якщо $1,5 < DW < 2,5$.

Оскільки $1,5 < 1,72 < 2,5$, то автокореляція залишків відсутня. Для надійнішого висновку доцільно звертатися до табличних значень. За таблицею Дарбіна-Уотсона для $n=20$ і $k=1$ (рівень значущості 5%) знаходимо: $d_1=1,20$; $d_2=1,41$. Оскільки $1,20 < 1,72$ та $1,41 < 1,72 < 4 - 1,41$, то автокореляція залишків відсутня.

Перевірка нормальності розподілу залишкової компоненти. Розрахункове значення RS-критерію дорівнює:

$$RS = \frac{\varepsilon_{max} - \varepsilon_{min}}{S_\varepsilon} \quad (M.21)$$

де $\varepsilon_{max} = 5,8366$ – максимальне значення залишків,

$\varepsilon_{min} = -5,4811$ – мінімальний рівень низки залишків.

S_ε – середньоквадратичне відхилення.

Незміщена оцінка середньоквадратичного відхилення.

$$Se = \sqrt{\frac{\sum e^2}{n-1}} \quad (M.22)$$

$$Se = \sqrt{\frac{178,245}{20-1}} = 3,063$$

$$RS = \frac{5,837 - (-5,481)}{3,063} = 3,695$$

Розрахункове значення RS-критерію потрапляє в інтервал (2,7-3,7), отже, виконується властивість нормального розподілу. Таким чином, модель адекватна

нормальності розподілу залишкової компоненти. Для підтвердження нормальності розподілу залишкової компоненти здійснено оцінку за декількома критеріями згоди, що зведено у таблицю М.2. Результати показали, що залишкова компонента результатів моделювання розподілена за нормальним законом із функцією щільності розподілу

$$f(x) = \frac{e^{\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{(x-14.128)^2}{4.368}\right)\right)}}{4.3698\sqrt{2\pi}} \quad (\text{M.23})$$

Таблиця М.2 – Результати розрахунку критеріїв згоди розподілу залишкової компоненти результатів моделювання

Normal [#44]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	20				
Statistic	0,11075				
P-Value	0,94439				
Rank	10				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,23156	0,26473	0,29408	0,32866	0,35241
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	20				
Statistic	0,19016				
Rank	4				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	No	No	No	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom	2				
Statistic	0,51955				
P-Value	0,77123				
Rank	18				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	3,2189	4,6052	5,9915	7,824	9,2103
Reject?	No	No	No	No	No

ДОДАТОК Н

Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про
апробацію результатів дисертації**Основні наукові праці:**

Публікації у науковому фаховому виданні України категорії “Б”, що включене до міжнародних наукометричних баз:

1. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. Перспективи «зеленої» логістики при використанні контейнерних та контрейлерних перевезень України. *Залізничний транспорт України*. 2021. №1. С. 11-21. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-138-1-11-22.

2. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Екологічні аспекти застосування «зеленої» логістики при мультимодальних вантажних перевезеннях. *Залізничний транспорт України*. 2021. №2. С. 49-62. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62.

3. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. «Зелена» логістика, як основа покращення екологічних показників вантажних мультимодальних перевезень. *Залізничний транспорт України*. 2021. №3. С. 16-28. DOI: 10/34029/2311-4061-2021-140-3-16-28.

4. Ломотько М.Д. Дослідження показників, пов'язаних з часом знаходження транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2022. № 2. С. 11-22. DOI: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v27i2.259708>

5. Ломотько М.Д. Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 1. С. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v28i1.276347>

6. Ломотько Д.В., Огар О.М., Ломотько М.Д., Афанасова О.Ф. Моделювання залізнично-автомобільного ланцюга постачання вантажів на основі «зеленої» логістики. *Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту*. Харків, 2023. Вип. 205. С. 98-110. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.205.2023.288832>

7. Огар О.М., Ломотько Д.В., Шелехань Г.І., Ломотько М.Д. Формування системного підходу до організації доставки вантажів залізничною компанією-перевізником регіонального типу. *Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*. Дніпро, 2023. Вип. 26. С. 61-67. DOI: <https://doi.org/10.15802/tsst2023/293354>

Праці апробаційного характеру:

8. Ischuka, O., Lomotko, D., Lomotko, M. Logistics Approach in Energy-Efficient Technology for Shunting Work at the Marshalling Station. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. Proceedings of the 26th International Scientific Conference. Lithuania, Kaunas, 5-7 October, 2022. Kaunas, 2022. P. 431-436. Doi: <https://doi.org/10.5755/e01.2351-7034.2022.P1>. (видання індексується у базі *Scopus*).

9. Lomotko, D., Ohar, O., Kozodoi, D., Barbashyn, V., Lomotko, M. Efficiency of "Green" Logistics Technologies in Multimodal Transportation of Dangerous Goods. *Smart Technologies in Urban Engineering*. 2022. Vol 536. P. 831-841. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_74 (видання індексується у базі *Scopus*).

10. Ischuka, O., Lomotko, D., Lomotko, M. Choosing the Optimal Variant for Shunting Operations Using the Logistic Approach at Marshalling Station. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. Proceedings of the 27th International Scientific Conference. Lithuania, Palanga, 4-6 October, 2023. Palanga, 2023. P. 766–771. DOI: <https://doi.org/10.5755/e01.2351-7034.2023.P2> (видання індексується у базі *Scopus*).

11. Lomotko D., Ohar O., Kozodoi D., Barbashyn V., Lomotko M. Prospects for the use “green” logistics as a safety factor in multimodal transportation of dangerous goods. *AIP Conference Proceedings*. 31 May 2023. Vol 2684, Issue 1: 020008. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120066>

12. Ломотько М.Д. Автоматизація обробки місцевих вагонів на сортувальній станції. *Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку* : наукове видання II Всеукраїнська конференція молодих вчених. Дніпро, 17 грудня 2020 р. С. 346-352.

13. Ломотько М.Д. Огар О.М. Шляхи удосконалення автоматизованої логістичної системи управління залізничними станціями. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами* : збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 17 листопада 2020 р. Харків, 2020. С. 11-12.

14. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. До питання актуальності контрейлерних перевезень в Україні. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., м. Івано-Франківськ, 5-7 квітня 2021 р. Івано-Франківськ, 2021. С. 393-395.

15. Ломотько Д.В., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Перспективні напрямки розвитку транспортних систем залізниць на базі принципів інтеперабельності. *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : матеріали IV міжнар. наук.-прак. конф., м. Київ, 21–23 квітня 2021 р. Київ, 2021 С. 46-48.

16. Mykola Lomotko, Andriy Prokhorchenko, Svetlana Donets. Formation of the passenger orientation system on the platforms of railway stations in Ukraine. *Young researchers in the global world : achievements and challenges* : VII forum for young researchers. Kharkiv, 23 April, 2021. Kharkov, 2021. P. 38-40.

17. Ломотько Д.В., Огар О.М., Байдіна К.С., Ломотько М.Д. Застосування «зеленої» логістики та вимог стандарту ISO 14001 при мультимодальних вантажних перевезеннях. *Управління якістю в освіті та промисловості : досвід, проблеми та перспективи* : тези доповідей V міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 20-21 травня 2021 року. Львів, 2021. С. 149-150.

18. Lomotko D.V., Ogar O.M., Kozodoy D.S., Lomotko M.D. Improving the efficiency of container and trailer transportation in Ukraine through the use of “green” logistics. *Інтелектуальні транспортні технології* : 2-а міжнародна науково-технічна конференція, м. Харків, 27-29 квітня 2021 р. Харків, 2021. С. 52-53.

19. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Ломотько М.Д. Перспективи «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях за участю залізниць. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика* : Сімнадцятої науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 3 - 4 червня 2021 р. Харків, 2021. С. 76-79.

20. Ломотько Д.В., Арсененко Д.В., Ломотько М.Д. Удосконалення логістичного управління технічними засобами транспортування зернових вантажів залізницями. *Аграрна галузь сучасної України : проблеми та перспективи розвитку* : Збірник матеріалів I міжнародної науково-практичної конференції, м. Слов'янськ, 14 травня 2021 р. Слов'янськ, 2021. С. 349 – 352.

21. Ломотько Д.В., Огар О.М., Козодой Д.С., Барабашин В.В., Ломотько М.Д. Перспективи застосування «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях небезпечних вантажів. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті* : Тези доповідей 9-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 17-19 листопада 2021. Харків, 2021. С. 48 – 50.

22. Ломотько Д.В., Арсененко Д.В., Ломотько М.Д. Main directions of development of railways systems based on the principles of interoperability. *Sustainable Development : Modern Theories and Best Practices* : Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference, Estonia, Tallinn, 31 March -1 April, 2022. Estonia, Tallinn. 2022. P. 99 – 101.

23. Ломотько Д.В., Ковальов Д.Д., Ломотько М.Д., Напрямки удосконалення технології залізничних контейнерних перевезень у сучасних умовах. *Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems* : Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький, 2022. С. 111-113.

24. Ломотько Д.В., Ковальов Д.Д., Ломотько М.Д. Деякі питання удосконалення транспортної логістики у сучасний період. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи* : збірник наукових праць конференції, м. Дніпро, 23 червня 2022 р. Дніпро, 2022. С. 82-85

25. Огар О.М., Ломотько М.Д. Аналіз систем доставки вантажів компаніями-перевізниками Французької залізниці (SNCF Réseau) *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : Збірник тез доповідей V міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ 21-23 вересня 2022 р. Київ, 2022. С. 19 -22

26. Іщука О., Ломотько Д.В., Ломотько М.Д. Логістичний підхід в енергоефективній технології маневрової роботи на сортувальній станції. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика* : Матеріали 18-ї науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 2-3 червня 2022. Харків, 2022. С. 145-148.

27. Огар О.М., Tomaszewski F., Ломотько М.Д., Аналіз систем доставки вантажів компаніями-перевізниками Польської залізниці. *Інтелектуальні транспортні технології* : Тези доповідей 3-ї міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 22-23 листопада 2022 р. Харків, – 2022. С. 167-168.

28. Ломотько Д.В., Афанасова О.Ф., Ломотько М.Д., Щука О. М. Формування інтелектуальної системи вирішення задачі оптимізації розподілу залізничного тягового рухомого складу. *Інтелектуальні Транспортні Системи : Екологія, Безпека, Якість, Комфорт* : Збірник тез доповідей міжнародної наукової конференції, м. Київ, 30 листопада 2022. Київ, 2022. С. 88-89.

29. Ломотько Д.В., Огар О.М., Ломотько М.Д. Перспективні напрямки розвитку транспортних систем залізниць на базі «зеленої логістики». *Автомобільний транспорт та інфраструктура* : Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 19-21 вересня 2023 р. Київ, 2023. С. 37–40.

30. Lomotko M.D., Ohar O.M., Lomotko D.V. Formation technology of cargo delivery in containers based on the ecological principles of "green" logistics. *Sustainable Development : Modern Theories and Best Practices* : Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference, Estonia, Tallinn, 28-29 April, 2023. Estonia, Tallinn. 2022. P. 171-173.

31. Lomotko D., Ogar O., Kozodoy D., Barbashyn V. Lomotko M. Prospects for application of "green" logistics in cargo transportation by rail transport. *The fourth industrial revolution and innovative technologies dedicated to the 100th anniversary of the national leader Heydar Aliyev : The proceedings of the international scientific-practical conference*, Azerbaijan, Ganja, 3-4 May 2023. Azerbaijan, Ganja. 2023. P. 263-264.

32. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Аналіз перспектив застосування «зеленої» логістики при перевезеннях вантажів залізничним транспортом. *Авіація, промисловість, суспільство* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кременчук, 18 трав. 2023 р.) Харків, 2023 С. 425-428.

33. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Удосконалення технології доставки вантажів у контейнерах на принципах «зеленої» логістики. *Транспортні технології та безпека дорожнього руху* : Збірник тез доповідей Четвертої всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Запоріжжя, 13–14 квітня 2023 р. Запоріжжя, 2023. С. 17-19.

34. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Формалізація технології мультимодальних залізничних перевезень на основі «зеленої» логістики. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика* : Матеріали 19-ї науково-практичної міжнародної конференції, м. Харків, 1-2 червня 2023 р. Харків, 2023. С. 148-151.

35. Ломотько Д. В., Огар О. М., Ломотько М. Д. Передумова лібералізації залізничної галузі України. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи* : Збірник наукових праць XV міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 20 червня 2023 р. Київ, 2023. С. 99 – 104

36. Огар О. М., Ломотько М. Д. Формування технології доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками регіонального типу. *Інтелектуальні транспортні технології* : Тези доповідей 4-ї міжнародної науково-технічної конференції. м. Харків, 27-28 листопада 2023 р. Харків, 2023. С. 257-258.

Відомості про апробацію результатів дисертації

1. Proceedings of the 26th International Scientific Conference. (Kuanas, Lithuania, 5-7 October 2022) (особиста участь).
2. International Conference on Smart Technologies in Urban Engineering. (Kharkiv, 9-11 June 2022) (особиста участь).
3. Proceedings of the 27th International Scientific Conference (Palanga, Lithuania, 4-6 October, 2023) (особиста участь).
4. AIP Conference Proceedings (Kharkiv, 17-19 November 2021) (особиста участь).
5. II Всеукраїнській конференції молодих вчених «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку» (Дніпро, 17 грудня 2020 р.) (заочна участь).
6. Міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні технології управління транспортними процесами» (Харків, 17-18 листопада 2020 р.) (заочна участь).
7. V міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні науково-технічні дослідження» (Івано-Франківськ, 5-7 квітня 2021 р.) (заочна участь).
8. IV Міжнародній науково-практичній конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (Київ, 21-23 квітня 2021 р.) (заочна участь).
9. VII forum for young researchers “young researchers in the global world: achievements and challenges” (Kharkiv, April 23 2021) (особиста участь).
10. V міжнародній науково-практичній конференції «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи» (Львів, 20-21 травня 2021 р.) (заочна участь).
11. 2-й міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні транспортні технології» (Харків, 27-29 квітня 2021 р.) (заочна участь).

12. Сімнадцятій науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (Харків, 3-4 червня 2021 р.) (заочна участь).

13. I міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна галузь України: проблеми та перспективи розвитку» (Слов'янськ, 14 травня 2021 р.) (заочна участь).

14. 9-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, 17-19 листопада 2021 р.) (заочна участь).

15. Monthly International Scientific and Practical Conference «Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices» (Tallinn, March 31 - April 1 2022) (заочна участь).

16. IV Міжнародній науково-практичній конференції «Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems». (Кропивницький, 13-15 квітня 2022 р.) (особиста участь).

17. XIV міжнародній науково-практичній конференції «Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи» (Дніпро, 23 червня 2022 р.) (особиста участь).

18. V міжнародній науково-практичній конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (Київ, 21-23 вересня 2022 р.) (заочна участь).

19. 18-й науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (Харків, 2-3 червня 2022 р.) (заочна участь).

20. 3-й міжнародно науковій-технічній конференції «Інтелектуальні транспортні технології» (Харків, 22-23 листопада 2022 р.) (заочна участь).

21. Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні Транспортні Системи: Екологія, Безпека, Якість, Комфорт». (Київ, 29-30 листопада 2022 р.) (заочна участь).

22. VI міжнародній науково-практичній конференції «автомобільний транспорт та інфраструктура» (Київ, 19-21 вересня 2023 р.) (особиста участь).

23. Monthly International Scientific and Practical Conference «Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices» (Tallinn, April 28-29, 2023);

24. International scientific-practical conference on «the fourth industrial revolution and innovative technologies» dedicated to the 100th anniversary of the national leader Heydar Aliyev. (Ganja, 3-4 May 2023) (заочна участь).

25. VI міжнародній науково-практичній конференції «Авіація, промисловість, суспільство» (Кременчук, 18 травня 2023 р.) (особиста участь).

26. Четвертій всеукраїнської науково-практичній конференції «Транспортні технології та безпека дорожнього руху» (Запоріжжя, 13-14 квітня 2023 р.) (заочна участь).

27. 19-ій науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (Харків, 1-2 червня 2023 р.) (особиста участь).

28. XV міжнародній науково-практичній конференції «Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи» (Київ, 20 червня 2023 р.) (заочна участь).

29. 4-ій міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні транспортні технології» (Харків, 27-28 листопада 2023 р.) (особиста участь).

ДОДАТОК П

Акти впровадження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник Харківської дирекції
залізничних перевезень
регіональної філії Південна залізниця
АТ «Українська залізниця»

О.А.Горбачов

«29» березня 2023 р.

АКТ

м. Харків

Про впровадження розробки, що виконано аспірантом Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) Ломотько Миколою Денисовичем з удосконалення логістичної технології управління залізничними станціями та перевезеннями вантажів залізничним транспортом на полігоні Харківської дирекції залізничних перевезень регіональної філії Південна залізниця АТ «Українська залізниця».


У період з червня 2022 р. по березень 2023 р. проведено роботу з визначення ефективності впровадження результатів науково-прикладної розробки з удосконалення логістичного управління транспортуванням, переробкою та екологічними показниками перевезень вантажів залізничним транспортом на станціях Харківської дирекції залізничних перевезень регіональної філії Південна залізниця АТ «Українська залізниця».

Встановлено наступне:

1. Методологічне забезпечення розроблено аспірантом УкрДУЗТ Ломотько М.Д. під керівництвом д.т.н., професора Огара О.М. Розробку виконано відповідно до пріоритетних напрямків розвитку транспортної галузі країни та Транспортної стратегії України на період до 2030 р.
2. На підставі попереднього аналізу показників експлуатаційної роботи рекомендовано до впровадження удосконалити технологію логістичного управління транспортуванням перевезень вантажів залізничним транспортом та переробкою вагонопотоків на залізничних станціях. Зазначені розробки покращують показники роботи залізничних станцій, екологічність перевезень та свідчать про можливість покращення використання залізничного рухомого складу.
3. Оцінка ефекту, що отримано від впровадження запропонованої авторами техніко-економічної моделі: прогнозується збільшення перевезення обсягів вантажів на 2...5% від існуючих, очікуване скорочення експлуатаційних витрат на формування відправки вантажів та вагонів складе від 3 до 12%, очікується покращення екологічних показників за рівнем забруднення повітря CO₂. Встановлено, що отримані теоретично результати із достатньо високою точністю збігаються із фактичними показниками, а відносна похибка не перевищує 8%. Це досягається шляхом застосування запропонованими авторами математичного апарату, алгоритмів та процедур.
4. Рекомендувати поширити сферу застосування запропонованого наукового підходу щодо логістичного управління транспортуванням, переробкою та екологічними показниками перевезень вантажів залізничним транспортом на інших підприємствах, що виконують перевезення вантажів і здійснюють транспортно-експедиторську діяльність.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Департаменту технології
перевезень АТ Укрзалізниця

 В.О. Крючков

«20» Квітня 2023 р.

АКТ

м. Київ

Про впровадження розробки, що виконано аспірантами Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) Ломотько Миколою Денисовичем та Афанасовою Ольгою Федорівною з удосконалення логістичної технології управління залізничними станціями та перевезеннями вантажів залізничним транспортом на полігоні регіональних філій АТ Укрзалізниця.

У період з січня 2022 р. по квітень 2023 р. проведено роботу з визначення ефективності впровадження результатів науково-прикладної розробки з удосконалення логістичного управління транспортуванням, переробкою та екологічними показниками перевезень вантажів залізничним транспортом на залізничних станціях та у роботу центрів управління рухом регіональних філій АТ Укрзалізниця.

Встановлено наступне:

1. Методологічне забезпечення розробили аспіранти УкрДУЗТ Ломотько М.Д. та Афанасова О.Ф. під керівництвом д.т.н., професора Огара О.М. та Ломотько Д.В. Розробку виконано відповідно до пріоритетних напрямків розвитку транспортної галузі країни та Транспортної стратегії України на період до 2030 р.
2. На підставі попереднього аналізу показників експлуатаційної роботи розглянуто рекомендовано до впровадження:

- удосконалену технологію створення технологічних ланцюгів з формування та розформування одно- та двогрупних поїздів з локомотивами загального парку та з перспективою використання приватної локомотивної тяги;
- удосконалену технологію логістичного управління транспортуванням перевезень вантажів залізничним транспортом та переробкою вагонопотоків та контейнерів на залізничних станціях з урахуванням екологічного критерію.

Зазначені розробки покращують показники роботи залізничних станцій, екологічність перевезень та свідчать про можливість використання логістичних рішень у роботі АТ залізничного рухомого складу.

3. Оцінка ефекту, що отримано від впровадження запропонованої авторами технології у вигляді техніко-економічної моделі: прогнозується збільшення перевезення обсягів вантажів до 5% від існуючих, очікується скорочення експлуатаційних витрат на формування, розформування поїздів від 2 до 14%, а також можливо отримати економію від скорочення екологічного податку на забруднюючі викиди CO₂. забруднення повітря. Встановлено, що отримані теоретично результати із достатньо високою точністю збігаються із фактичними показниками, а відносна похибка не перевищує 7,5%.

4. Рекомендувати поширити сферу застосування запропонованого наукового підходу управління транспортуванням, переробкою та екологічними показниками перевезень вантажів залізничним транспортом на інших транспортних підприємствах та установах.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКА КОМПАНІЯ «ЕКСПРЕС-ТРАНС»
ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ

тел./факс: +38 (057) 724-52-18
e-mail: extkh.pd1@gmail.com

61093 Україна, м. Харків,
вул. Рилієва, буд. 60

Акт

про впровадження розробки, що виконано аспірантом Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) Ломотько Миколою Денисовичем з удосконалення логістичного управління транспортуванням, переробкою та напрямками перевезень вантажів залізничним транспортом в роботу транспортно-експедиторської компанії ТОВ «ТЕК «ЕКСПРЕС-ТРАНС» (ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКА КОМПАНІЯ «ЕКСПРЕС-ТРАНС»).

У період з «10» вересня 2022 р. по «11» березня 2023 р. проведено роботу з визначення ефективності впровадження результатів науково-прикладної розробки з удосконалення логістичного управління транспортуванням, переробкою та екологічними показниками перевезень вантажів залізничним транспортом в роботу транспортно-експедиторської компанії ТОВ «ТЕК «ЕКСПРЕС-ТРАНС».

Встановлено наступне:

1. Характеристика впровадження: на підставі попереднього аналізу показників експлуатаційної роботи рекомендовано до впровадження удосконалену технологію логістичного управління транспортуванням, переробкою та напрямками перевезень вантажів залізничним транспортом. Зазначені впровадження підвищують ефективність показників роботи залізничних станцій, екологічність перевезень та ефективність експлуатаційних показників роботи.
2. Розробку виконано відповідно до пріоритетних напрямів розвитку транспортної галузі в умовах реструктуризації галузі та з урахуванням складних умов воєнного стану у країні, її основні складові рекомендовано до впровадження.
3. Характеристика результатів та їх оцінка. Участь УкрДУЗТ.

Методологічне забезпечення розроблено аспірантом УкрДУЗТ Ломотько М.Д. під керівництвом д.т.н., професора Огара О.М. У період з «10» вересня 2022 р. по «11» березня 2023 р. здійснено попередню оцінку роботи, які свідчать про ефективність запропонованої технології логістичного управління транспортуванням, переробкою та екологічними показниками перевезень вантажів залізничним транспортом.

4. Ефект, що отримано від впровадження розробки

За рахунок впровадження запропонованої авторами техніко-економічної моделі прогнозується збільшення перевезення обсягів вантажів на 2...5% від існуючих обсягів, очікуване скорочення експлуатаційних витрат на формування відправки вантажів складе 3...11%, екологічні показники за рівнем забруднюючих речовин з часом можуть покращитись на величину до 15%. Встановлено можливість забезпечення повного кола логістичних послуг для вантажовідправників та вантажоодержувачів, це досягається шляхом застосування запропонованими авторами математичного апарату та алгоритмів.

5. Висновки та пропозиції про подальше використання розробки

Рекомендувати поширити сферу застосування запропонованого логістичного управління транспортуванням, переробкою та екологічними показниками перевезень вантажів залізничним транспортом на інших підприємствах, що виконують транспортно-експедиторську діяльність.

Директор



О.М. Пилипейко