

М. Б. КУРГАН, Д. М. КУРГАН

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО СПОЛУЧЕННЯ УКРАЇНА-ЄВРОСОЮЗ



2018

*Інтеграція транспортного комплексу
України до міжнародної транспортної мережі –
пріоритетне завдання*

Національна Транспортна стратегія
України на період до 2030 року

M. B. Kurhan, D. M. Kurhan

Scientific-technical support
of the railway
Ukraine - European Union

MONOGRAPH

DNIPRO
2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА



М. Б. Курган, Д. М. Курган

Науково-технічне забезпечення залізничного сполучення Україна – Євросоюз

МОНОГРАФІЯ

ДНІПРО
2018

УДК 656.224/.225:625.112(477+4)

Рецензенти:

д-р техн. наук, проф. *Е. І. Даніленко*,
д-р техн. наук, проф. *В. Г. Кузнецов*

Рекомендовано до друку вченою радою
Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
(протокол № 4 від 29.10.18)

УДК 656.224/.225:625.112(477+4)

Науково-технічне забезпечення залізничного сполучення Україна – Євросоюз [Текст] : монографія / М. Б. Курган, Д. М. Курган. – Дніпро, 2018. – 268 с.

ISBN 978-617-7382-13-2

Монографія присвячена розробці науково-методологічних підходів і практичних рекомендацій щодо забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні Україна – Євросоюз.

У зв'язку з інтенсивним розвитком процесів інтеграції залізничного транспорту України у європейську транспортну систему великого значення набувають такі питання, як функціонування міжнародних транспортних коридорів (МТК), введення в оборот спеціалізованого рухомого складу, застосування європейських технологій роботи прикордонних станцій. Ґрунтуючись на результатах вітчизняних і зарубіжних наукових розробок, намічено шляхи вирішення проблеми при застосуванні комплексного підходу до модернізації транспортних коридорів у межах України з метою підвищення швидкості руху поїздів і скорочення терміну обороту рухомого складу, застосування європейських ASCS-технологій для безперевалочного транспортування вантажів залізницями різних стандартів.

Розвинуто теорію вибору й оцінки варіантів транспортування вантажів залізницями різних стандартів, що враховує обсяги й темп зростання перевезень, етапи й розмір інвестування проектів, отримання доходів.

Для наукових працівників, аспірантів та магістрів, які займаються проблемами забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні.

Іл. 133. Табл. 23. Бібліогр.: 114 назв.

© М. Б. Курган, Д. М. Курган, 2018

© Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп.
ім. акад. В. Лазаряна, оригінал-макет, редагування, 2018

ISBN 978-617-7382-13-2

ЗМІСТ

SYNOPSIS	8
ГЛОСАРІЙ ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ.....	32
ВСТУП.....	39
РОЗДІЛ 1. МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У СПОЛУЧЕННІ ЄВРОПА – АЗІЯ.....	43
1.1. Досвід експлуатації міжнародних транспортних коридорів	43
1.1.1. Проблеми інтеграції транспортної системи України у європейську	43
1.1.2. Мета та методи дослідження.....	47
1.1.3. Аналіз сучасних досліджень і публікацій.....	50
1.1.4. Варіанти перетину кордонів.....	52
1.2. Міжнародні транспортні коридори, що з'єднують залізничну мережу України із залізницями європейських країн	55
1.2.1. Програма розвитку Критських коридорів	55
1.2.2. Міжнародні транспортні коридори Організації співробітництва залізниць.....	62
1.2.3. Проходження міжнародних транспортних коридорів територією України	65
1.3. Структура й обсяги залізничних перевезень у напрямку Європа – Азія. Прикордонні переходи.....	75
1.3.1. Структура й обсяги перевезень залізницями України.....	75
1.3.2. Стратегічний прогноз обсягів перевезень	78
1.3.3. Тенденції вантажних і пасажирських перевезень на прикладі України й Румунії.....	81
1.3.4. Розвиток комбінованих перевезень у міжнародному сполученні.....	84
1.3.5. Прикордонні станції й термінали	93
Висновки до розділу 1	99
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДМІННОСТЕЙ УКРАЇНСЬКОЇ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ Й РУХОМОГО СКЛАДУ.....	100
2.1. Характеристика мережі залізниць, з якими межує Україна	100
2.1.1. Українські залізниці (УЗ)	100
2.1.2. Австрійські федеральні залізниці (Österreichische Bundesbahnen – ÖBB)	104
2.1.3. Польські державні залізниці (Polskie Koleje Państwowe – PKP SA).	109
2.1.4. Румунські залізниці (Căile Ferate Române – CFR).....	111
2.1.5. Словацькі залізниці (Želznice Slovenskej Republiky – ZSR).....	115

2.1.6. Залізничі Угорщини (Magyar Allamvasutak – MAV)	120
2.1.7. Чеські залізничі (Ceske Drahy – CD)	123
2.2. Порівняння залізниць, що межують з Україною	127
2.3. Технічна сумісність залізниць. Нормативно-правова база. Інфраструктура.....	132
2.3.1. Категорії залізниць	135
2.3.2. Габарит наближення споруд	139
2.3.3. Ширина міжколійя	141
2.3.4. Граничні значення ухилів на підйомах і спусках	142
2.3.5. Мінімальні радіуси кривої в профілі й плані	143
2.3.6. Підвищення зовнішньої рейки й відведення його в кривих	144
2.3.7. Параметри еквівалентної конусності	145
2.3.8. Механічна міцність колії	146
2.3.9. Вимоги до платформ	148
2.4. Рухомий склад. Габарити рухомого складу	149
2.4.1. TSI «Рухомий склад»	149
2.4.2. Габарит рухомого складу	150
2.4.3. Сумісність гальмівного обладнання.....	152
2.4.4. Вагони колії 1520/1435 мм	155
Висновки до розділу 2.....	161
РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ СПОСОБІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ У СПОЛУЧЕННІ СХІД – ЗАХІД.....	
3.1. Методологічні підходи. Критерії оцінювання варіантів	163
3.1.1. Методологічні підходи до оцінювання проєктів	163
3.1.2. Критерії оцінювання ефективності варіантів.....	165
3.2. Математична модель прогнозування й оцінювання ефективності варіантів	169
3.3. Аналіз способів обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини.....	176
3.4. Причини, що викликають необхідність виконання реконструкції МТК.....	182
3.5. Вплив прогнозу перевезень на вибір раціонального варіанта передачі вантажів на стику колій 1435 і 1520 мм	188
Висновки до розділу 3.....	194
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СПОСОБІВ ПЕРЕТИНУ КОРДОНІВ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВАНТАЖІВ У СПОЛУЧЕННІ СХІД – ЗАХІД.....	
4.1. Застосування технології перевантаження вантажів	196
4.2. Технологія переходу рухомого складу при заміна візків	201
4.3. Автоматизований перетин кордонів з використанням розсувних колісних пар	208
4.3.1. Рухомий склад, AGCS-технології.....	208

4.3.2. Типи систем автоматизованого переходу вагонів на колії різних стандартів	211
4.3.3. Умови застосування рухомого складу з РКП.....	217
4.4. Використання широкої колії для інтеграції в європейську транспортну систему.....	219
4.4.1. Використання існуючої залізничної колії 1520 мм на території європейських країн.....	219
4.4.2. Будівництво широкої колії 1520 мм від кордонів України на територію Європи.....	220
4.4.3. Умови застосування широкої колії для міжнародних перевезень ...	224
4.5. Проекти євроколії для підвищення рівня інтеграції українських залізниць	229
4.5.1. Продовження європейської колії 1435 мм від кордонів Європи на територію України	229
4.5.2. Використання європейської колії 1435 мм у країнах Балтії	232
4.6. Пріоритетні проекти суміщеної залізничної колії.....	234
4.6.1. Використання суміщеної 1435/1520 мм колії на Львівській залізниці	234
4.6.2. Особливості напружено-деформованого стану суміщеної залізничної колії	237
4.6.3. Дослідження роботи стрілочних переводів типу Дн410 на суміщеній колії	246
4.7. Перспективні проекти й розробки	248
4.7.1. Альтернативні проекти.....	248
4.7.2. Проект вакуумного поїзда.....	249
4.7.3. Транспортна система SkyWay.....	251
Висновки до розділу 4.....	254
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	256
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	259

SYNOPSIS

Kurhan M. B., Kurhan D. M. (2018). *Scientific-technical support of the railway Ukraine - European Union*. Dnipro, Ukraine, 268 p.

Introduction

The economic development of each state depends largely on the operation of the transport system, which have to ensure reliable, safe and efficient operation of cargo transportation both within the country and abroad. It is especially important for Ukraine to provide such conditions for railway transport between Europe and Asia. How relevant are the issues of interstate transportation one can judge from the materials published by the Committee of the Organization for Co-operation between Railways (OSJD). So, the OSJD journal, entitled "Best Practices for Effectivization of International Railway Transportation in the Eurasian Space ", Warsaw, 2014 [62] discussed issues such as facilitation of borders crossing procedures by the railway transport, the experience of railways in accelerating the passing of borders during international railway transportation in the Eurasian space, and others.

The geographic scope of OSJD action covers more than 280 thousand km of railway lines from 28 countries of the world, on the railways of which about 6 billion tons of cargo and more than 4 billion of passengers are transported annually. Naturally, time plays not insignificant role on this space for the successful providing of railway transportation. Therefore, the main activities directions are the development and improvement of international railway transportation, including combined, both between European countries and in combination between Europe and Asia, and work with a focus on reducing the time for passing trains through interstate borders.

Due to its geographic location and developed transport infrastructure, Ukraine has a significant potential in the development of cargo transportation, primarily in international traffic, in particular as a transiter country in the logistics chain of trade between Asia and Europe. According

to the British Institute for Transport Studies Rendel, the transit rate of Ukraine is 3,75 (at a maximum of 5); it is the best indicator among European countries (for comparison, in Poland, which is second best, this figure is 2,92). Five international transport corridors pass through Ukraine; the expanded length of these routes is about 6.500 ths km, of which 3.500 are railways. In 2016, Ukraine joined the Coordinating Council for the Trans-Caspian International Transport Route (TITR) to China through Georgia, Azerbaijan and Kazakhstan

Railway transport in Ukraine is the main carrier of cargoes, accounting for 65% of all cargo transportations and 81% of cargo turnover (excluding pipeline transport). In addition, about 55% of the total volume of international cargo transportations in Ukraine is carried out by railways. In 2017 year, international transportations accounted for about 50% of the total volume of railway cargo transportations. In the structure of international cargo transportations the largest share is export cargoes - 66%, for comparison, import - 23%, transit - 11%.

For Ukraine, as a country with a large transit potential, it is extremely important to achieve the strategic goal of domestic railways integration into the transport network of Central and Western Europe.

The possibilities of railway transport for the organization of transportation between the countries of the European Union and Ukraine are not used to the full extent, since there is a number of technical reasons of the transport systems incompatibility between Ukraine and European countries, namely: different wheel gauge, characteristics of rolling stock, type of SSB, voltage in the contact network, dimensions, etc.

Further prospects for the integration of Ukrainian railways into the European transport network depend on the following provisions: how successfully the tasks of real development of international transport corridors (ITC) [100] will be solved; from the readiness of the rail lines, included in the ITC, to their efficient usage for international transportations; from the availability of rolling stock, which will provide transportation with the governed speeds [98]; from solving a number of politico-economic, as well as technical and technological problems for the development of the lines connecting Ukraine with Central and Western Europe [106].

The course towards European integration is a natural consequence of Ukraine's independence. At the same time, European integration is a complex and contradictory socio-economic process for establishing close cooperation between European states. Solving the tasks of this process is

carried out using the ITC as a single mode of transport (unimodal transportation), and various types (multimodal transportation).

Basic provisions

Globalization of the economy and the development of modern supply chains contribute to the creating a transport product that would combine services of various transport modes in the most efficient and convenient way for consignors as well as it would be formed, first of all, on the basis of cargo interests, rather than individual participants in the process of transportation. Multimodal transportations have become such product, which are domestic or international transportation of products using several transport modes.

The object for the transfer in multimodal transportations, in principle, may be any cargo - bulk, unitized cargo. However, the most widespread are multimodal transportations using the so-called ITU (Intermodal Transport Units, ITU) - containers, controllers, swap bodies. The cargo in ITU is all along the whole route, and all transport and cargo operations are not with heterogeneous packages, but with standard ITU (so-called reloading-free transport technology), which significantly speeds up and cheapens the technological processes, increases safety of cargoes and provides a wide range of other advantages.

The choice of the optimal transportation solution includes the rationale for the most profitable routes, the choice of rolling stock in accordance with the type of cargoes, the mode of cargo transportation (in which various modes of transport are used in stages), border stations technology, etc. [46].

Due to the intensive development of the integration processes of the Ukraine's railway transport into the European transport system, the following issues are of great importance: the functioning of the international transport corridors (ITC), the introduction of specialized rolling stock, which would allow operation both on the gauges of 1435 mm, and on 1520 mm ones, that is, application of European ASCS-technologies, based on 1520/1435 mm automatic gauge change systems. This is development of "East-West" cars for direct cargo transportation by railways of various standards.

The study of international transportation technology can be summarized as following blocks: international transport corridors, rolling stock and operation of border stations (see Fig. 1).

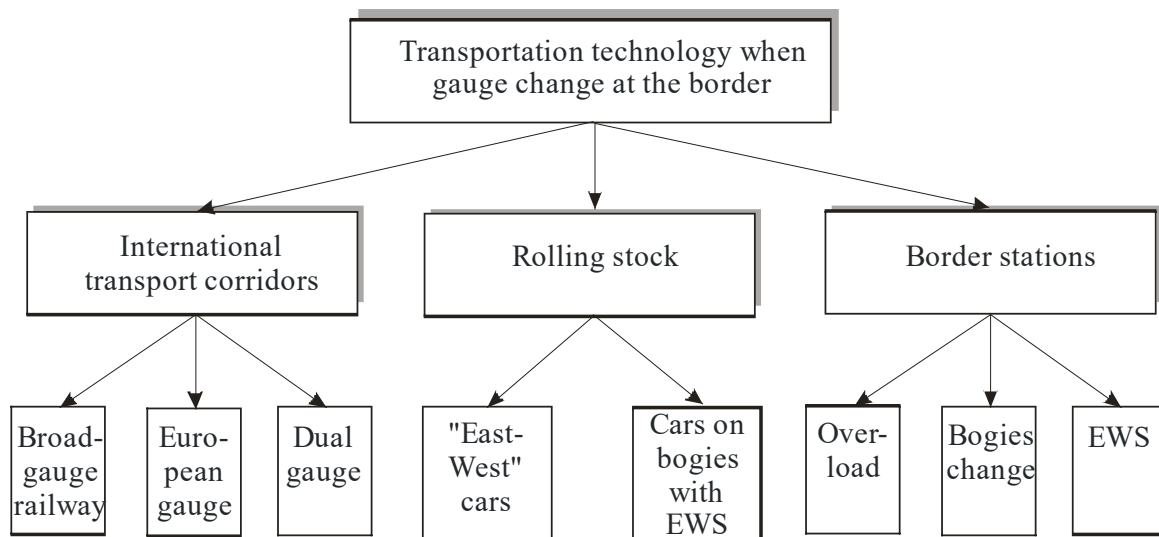


Fig. 1. The outline scheme of transportation technology at crossing the borders

Rolling stock, AGCS technologies

The rolling stock used for international transportation is primarily connected with technical and technological support of passengers and cargo transportation by international transport corridors with the passing through the division points of railways, gauge of 1520 mm and 1435 mm.

Until now, the railway service between Ukraine and the EU countries is provided by the use of obsolete technologies, which are based on changing the undercarriage and cargo transshipment, therefore, in these technologies neither locomotives nor cars go beyond the European standard. In the paper [21] an option for the manufacture of cars, gauge of 1435/1520 mm is offered in accordance with OCR/UIC O + P516 [114] and TSI [95] Memoranda for the cargo transportation on defined routes from Ukraine and to Ukraine mainly by trains set from cars, gauge of 1435 mm on the bogies DK2000 type.

The main issue that remains open today is the using the automatic gauge change system from one wheel gauge to another under the common name AGCS (Automatic Gauge Changeover Systems), which removes a real restriction of interoperability.

Prospects for the wide implementation of AGCS systems are associated with the development of international transport corridors. The following directions are suggested as priority: the Baltic Sea - the Black Sea (an integral element of the "Balto-Black Sea Axis" project); Ukraine - Poland -

Germany; Ukraine - Hungary - Slovenia - Italy; Ukraine - Slovakia - Austria/Czech Republic. The last two corridors from Ukraine are the natural continuation of the corridors in the trans-European transport network TEN-T, namely the corridors of the Rhine-Danube Corridor Mediterranean Corridor [20].

In European railway practice, there are several automatic changeover systems of cars from one gauge to another, which have been brought to practical use: TALGO, BRAVA (Spain), BT system of Bulgarian production, Polish SUW2000 system, DB AG/Rafil Type V (Germany), its principle of operation is similar to the wheelset of SUW2000 system and allows using the same gauge-change device. Cars with DBAG/Rafil Type V wheelsets have been successfully tested in different countries (Spain, Sweden, Finland). These wheelsets are universal and can be used in any cargo or passenger bogies with shoe type or disc type brakes.

In the TALGO and BRAVA systems (both for the non-motorized and traction rolling stock) and in the BT system, gauge change occurs when the discharge (unloading) of wheels. One of the significant advantage in the SUW2000 system is that when gauge change it is not necessary to discharge wheels as required by the above-mentioned systems. The SUW2000 system provides a maximum speed of 120 km/h with at axle load of 200-225 kN and 160 km/h at 160 kN/axle.

The SUW2000 usage allows gauge changing to wheelsets at speeds of up to 30 km/h of various standards: 1600 (Portugal and Spain), 1435 (almost the entire western part of Europe) and 1520 (Ukraine, Belarus, Latvia, etc.).

Ukrzaliznytsia (state-owned enterprise of rail transport in Ukraine) chose SUW2000 extensible wheelset (EWS) as the basic version. The results of the computational and experimental studies were used in the equipment of Ukrainian cars with EWS bogies during the experimental operation of trains together with Poland.

In April 2000, the train, consisting of three passenger and three freight cars, type "East-West", equipped by undercarriage with EWS, SUW2000 system, made a presentation trip from st. Zamosc (Poland) to st. Kovel of the Lviv railway. In autumn, 2003, a series of experimental travels of passenger cars along the Warsaw-Krakow-Lviv-Kyiv-Dnipro-Sevastopol route was conducted (Fig. 2).



Fig. 2. Routes of trips of cars with extensible wheelsets

Since 2003, the trains No. 35/36 traveled through station Mostyska II on the route Kyiv-Krakow, and from May 2009, the train movement was carried out on the section Krakow-Lviv, and later - from Wroclaw to Lviv.

Operation of rolling stock with extensible wheelsets revealed some technical problems. One of them is the high damage of the wheel thread due to the unsprung mass of the EWS SUV2000 (2200 kg vs 1200 kg of standard wheelset).

Paper [101] focuses on the fact that the stability criteria of wheelsets against wear, used on the railways of different standards for assessing safety conditions have some differences, and therefore the study of stability problems of railcraft vehicles remains relevant. The development of software and hardware complexes is aimed at performing the instrumental evaluation of the technical condition of rolling stock and the quality of its interaction with the track infrastructure.

Situation concerning the rolling stock motion with extensible wheelsets, when gauge change 1520/1435 mm in automatic mode, is unsatisfactory today. Ukrzaliznytsia owns five cars with SUW2000 wheelset system. There are four similar cars in the passenger car fleet of PKP Intercity, the operation of which was stopped at the end of 2012.

Until October 28, 2016, three passenger cars with SUW2000 wheelsets system, registry of the regional branch of "Lviv Railway" traveled in train

No. 35/36. Operation stoppage of these cars was due to the need for planned repairs, not carried out because of the lack of wrought wheels of special design.

Train No. 51/52, Lviv-Krakow-Wroclaw was canceled on 11/23/2016. For traffic of this train, it is necessary to carry out the planned depot repair of cars, which involves the replacement of SUW2000 wrought wheels, brake segmental disks, etc., which are designed and manufactured in Poland, and there are no substitutes for them in Ukraine.

Having analyzed the structural solutions of rolling stock with extensible wheelsets, the Project Design and Technological Bureau for design and modernization of rolling stock, track and man-made structures (PDTB) proposed an improved design for the extensible wheelsets of DNURT system. When passing the car through a special wheeled unit, system of creep springs moves the wheels and, along with the conical extensible sleeve, changes along the axis to another wheel gauge. For a reliable operation of the master node between the thickened edge of the expanding sleeve and the locking sleeve, a "floating" ring is installed, which, due to the conical part, allows self-centering of the sleeves relative to each other. Gauge change is performed alternately for each wheel with guard rail.

Taking into account the high efficiency of the cars change technique with extensible wheelsets of railway crossings with various wheel gauges, we can assume that the systems of the EWS, above all, will be used for the equipment of cars in passenger trains of international traffic. Freight cars with EWS system will be used, for example, to equip the shuttle train cars for combined transportation and cars for international cargo transportation requiring accelerated delivery as well as dangerous goods.

Border stations and terminals

When crossing through the division points of railways, gauges 1520 mm and 1435 mm, various technologies are used at the border stations: cargo transshipment, replacement of cars with changing the bogies, usage of extensible wheelsets, etc.

In accordance with the analysis of the process of car traffic volume across the territory of Ukraine, border stations are one of the "narrowest" places in the logistics chain of international railway transportation, as evidenced by considerable trains and cars detention when passing them on interstate transitions.

At present, "Ukrzaliznytsia" perform services in cargo loading and unloading from cars, gauge of 1435 mm, as well as the replacement of cars with cargo that moves to reloading-free direction.

According to technical characteristics, only 50% of the listed stations have the capacity to accept and send cars with the gauge of 1520 mm and 1435 mm, 40% of the stations accept and send cars only with the gauge of 1520 mm.

Regional branch "Lviv Railway" of "Ukrzaliznytsia" performs the replacement of cars with cargo to reloading-free direction to Poland at stations Kovel and Mostyska-II; to Slovakia, Hungary, Romania and others. - At Esen station, to Romania - at Vadul-Siret station. At the station Mukachevo transshipment of heavy, oversized and dangerous cargoes is carried out.

Cargo loading and unloading from cars, gauge of 1435 mm can be carried out at stations Chop, Esen, Beregovo, Batovo, Borzhava, Vynohradiv-Zakarpattia, Kliucharky, Korolevo, Strachichovo, Mukachevo, Chernotissovo, Diakove.

Transactions involving the transfer of trains and cars between Ukraine and neighboring states are carried out at border railway stations, the effectiveness of which largely determines the effectiveness of international railway transportation in general. At the same time, there are significant trains and cars detention in cargo transfer on interstate crossings. Thus, even in the Technological processes of the border stations operation, the duration of the transfer operation for trains and cars on interstate railway joints is envisaged. It is up to 8 hours on the border with the EU countries. The reasons of this situation, on the one hand, are the imperfection of technical equipment at border stations (especially in break-of-gauge with the West European track), on the other hand, the irrational technology of operation at interstate cars transfer points (especially in the processing of transport documents for cars, the duration of which can be up to 90% of total time of the train's location at the border station). In this regard, the problem of improving the technical equipment and technology of the border railway stations operation is currently extremely urgent [31].

Increasing the processing time of trains at border stations leads to a decrease in the transmission of trains across the border. It is possible to solve this problem, including due to changes in the scope and nature of border procedures, the introduction of modern information technologies and new ones for the crossing of borders.

Today, the existing broad-gauge network of 1520 mm actually ends at the eastern border of the European Union. Some broad-gauge corridors go to the territory of the European Union, significant of them are from Ukraine to Katowice in Poland, to Zahony in Hungary, to Kosice and to Čierna nad Tisou in Slovakia. In order to attract transit railway transportation, European countries create and develop intermodal and container terminals near their borders on the line of "New Silk Road". Ukraine does not yet make such global steps, but at the same time has several transshipment complexes located on the border with the EU countries, which are engaged in cargo transshipment from the European gauge to the broad one. For example, "Terminal Carpathians" handles about 50% of cargoes that come from Europe to Ukraine via the railway hub in Chop. Production facilities are located 20 km from the city, Batove. This location allows the terminal to service cargoes from Hungary, Slovakia and Romania.

The planned continuation of the broad-gauge railway from Kosice to Vienna will end at the transshipment terminal near Vienna, where the broad-gauge railway will connect to the standard European gauge network. For example, the paper [105] is devoted to the construction of terminals and improving the technology of their operation, which compares and evaluates two intermodal cargo transport technologies. Also it includes an example of the calculations and schemes of intermodal cargo transshipment terminals that will be used in technologies. It assesses the current state of internal transshipment terminals in Poland and other aspects that are relevant.

Existing solutions

Based on the results of the above analysis of the transport technology in changing the wheel gauge (in accordance with Fig. 1), one can concentrate scientific research of different authors on three directions:

1. Choosing the mode of transport for international transportations—unimodal (one mode of transport, in our case—railway) and multimodal (combined) transportations using several modes of transport
2. Choosing the logistic schemes of transportations by railway transport, as a rule, by international transport corridors: transportation—border crossing with different wheel gauge— transportation.
3. Choosing the technology for the cargo transfer at the points of standard wheel gauge change: transshipment, change of car bogies, automated change with the use of extensible wheelsets (EWS).

Among the numerous papers of the first direction one should highlight the scientific one [112]. The article presents the theoretical foundations and empirical results of the analysis and simulation of transport networks in Poland using complex networks. Properties of complex networks (Scale Free and Small World) and network characteristics are described. In this context, the results of empirical studies related to the characteristics of the passenger airlines network, the network of express rail lines (EuroCity and InterCity) and the high-speed motorway network in Poland were presented. For the passenger airlines network in Poland, the results are compared with the same networks in the US, China, India, Italy and Spain. In conclusion, some suggestions, comments and perspectives concerning a complex network in transport networks were presented.

In paper [96], which, according to its results, covers the second and third directions of the research, the decision-making models upon the assessment of the Europe-Asia transport system efficiency was proposed. The technology of the rolling stock with the gauge change 1435/1520 and vice versa at the Medica/Mostyska (Poland/Ukraine) crossing was researched. Two options are considered: cargo transshipment and the usage of rolling stock with bogies of SUW2000 system. It has been shown that techno-economic analysis, life cycle cost analysis (LCCA) and analytical network process (ANP) can be used in evaluating the effectiveness of technology.

It should be agreed with the authors that the choice of the relevant criterion for evaluation depends on the method of making appropriate investment decisions, the plan for the development of transport systems, transport technologies and transport-logistics services. The choice of methods for investigating the effectiveness of the activity also depends on the individual characteristics of enterprises transporting and performing transport operations at border stations.

At the same time, the authors enlarge upon the comparison of different LCCA systems. The argument of this approach is that the cost of LCCA will be used as the basis for making decisions upon the organization of transport systems, modernization and restructuring of the system, as a criterion for comparing options of technologies of various cargo transportations and formation of expenses for transport services.

Options of cargo delivery in international traffic

The rolling stock, used for international transportation, has a principal role in ensuring the technical and technological transportation of passengers and cargoes by international transport corridors via division points of railways, gauges of 1520 mm and 1435 mm. At the same time, the task of choosing a rational technology for the operation of border stations for the transfer of cars from a wheel gauge of 1435 mm to a wheel gauge of 1520 mm and in the opposite direction, which requires a scientific substantiation of the process of servicing the car traffic volume by determining the optimal term for cars location at stations connecting tracks of different widths and costs of monetary resources in the logistics chain of international cargo delivery.

Analysis of the organizational mode for the cargo transportation in international traffic with the EU countries showed that the following options are subject to comparison:

1. Transshipment of cargo, including in containers with a rolling stock, gauge of 1520 mm to a rolling stock, gauge of 1435 mm

Until now, the railway communication between Ukraine and the EU countries is provided by the use of obsolete technologies, which are based on cargo transshipment and the undercarriage replacement. In these technologies, neither locomotives nor cars are on the way to the European standard [21].

The need for cargo transshipment arises when the change of the railway track width or when the transport mode change depending on the transportation schemes. At the same time, transshipment can take place on a direct option - from one rolling stock to another, and with placement in temporary warehouses with the further loading into another rolling stock.

2. Replacement of bogies at cars transposition stations (CTS) at the transition of track joint of different standards

Railway transportation along lines with different wheel gauges causes certain problems at the division points, which increases the duration and cost of transportation. The most common way of transferring goods without any trans-shipment to the railways of neighboring countries, having different wheel gauges, is the change of bogies in the cars at the border station (Fig. 3). Domestic cars can be delivered on the bogies, wheel gauges of 1435 mm if they meet the technical requirements of adjacent railways (dimensions of cars, braking system, load from the axis of cars to rails). Cars of European railways, wheel gauges of 1435 mm with imported cargo are

not replaced to bogies, wheel gauges of 1520 mm due to technical discrepancy of their construction to the requirements imposed to cars by the rules of technical operation for domestic roads.



Fig. 3. Gear for the change of bogies in the cars at the border station

3. Application of the special rolling stock equipped with bogies with extensible wheelsets (EWS)

The main issue that remains open at present is the use of an automatic changeover system by the rolling-stock from a gauge of one width to another under the common name AGCS (Automatic Gauge Changeover Systems), which removes the real limitation of interoperability.

Prospects for the wide implementation of AGCS systems associated with the development of international transport corridors. The following directions are suggested as priority: the Baltic Sea - the Black Sea (a component of the "Baltic-Black Sea Axis" project); Ukraine - Poland - Germany; Ukraine - Hungary - Slovenia - Italy; Ukraine - Slovak - Austria / Czech Republic. The last two corridors from Ukraine are a natural continuation of the corridors of the trans-European transport TEN-T network, namely the corridors Rhine-Danube Corridor s Mediterranean Corridor.

In the European railway practice, several automatic changeover systems of cars from one gauge to another are known, which have been brought to

practical use: TALGO, BRAVA (Spain), a Bulgarian-made BT system, the Polish SUW 2000 system (Fig. 4), DB AG / Rafil Typ V (Germany). The principle of operation is similar to the wheel set of the SUW 2000 system [110] and allows using the same track-reverse device.



Fig. 4. Bogie with extensible wheelsets

4. Construction (use of existing) wide gauge, 1520 mm from the borders of Ukraine to the territory of Europe

The idea of continuing the wide gauge to the countries of Central Europe was first announced at the end of June 2001, when Ukraine signed a memorandum concerning the participation in the intercontinental transport project of the century and justified its proposal on the railway passing through Ukraine and Poland to the Czech Bohumín city. The construction of the railway through Ukraine would take only 2 years, since a railway gauge of 1520 mm has already been laid and used in the Volyn region almost to Kattowice.

Secondly, the idea of continuing a wide gauge to the countries of Central Europe was publicly announced in May 2006 during the international forum "Strategic Partnership 1520". This is a promising international project for the construction of the Kosice-Bratislava-Vienna wide-gauge railway line (the Eurasian Railway Corridor). The project envisages both the construction of a new railway and the reconstruction of the existing, direction Lviv-Chop Cretan No. 5 (Triest-Ljubljana-Budapest-Bratislava-Uzhhorod-Lviv).

The commissioning of a wide gauge to Vienna will significantly increase the flow of cargo transit through the territory of Ukraine. According to preliminary calculations, traffic volumes will be at least 30-40 million tons per year. The implementation of this project will make it possible to reduce the cost of transit cargo transportation by railway, so the cost for cargo loading and unloading in the border area is excluded.

Today, the longest section of the railway with a gauge of 1520 mm is used in Poland - about 395 km (Izow-Hrubieszow-Slavkov) and in Slovakia - about 90 km (Uzhgorod-Kosice). In the direction of Hrubieszów there is an export, and in Slavkov there is an import. More than 50% of the cargoes transported to Slavkov are iron ore. Coke and coal mainly are transported back to the east.

5. Continuation of European gauge of 1435 mm from the borders of Europe to the territory of Ukraine

Continuation of European gauge of 1435 mm from the borders of Europe to the territory of Ukraine can take place in the case of constant mass volumes of traffic during reloading-free technologies by entering the railroad track of the importing state into the territory of the exporting state.

In Ukraine, there is already experience of using the European gauge. Thus, trains from Slovakia to Romania pass through the European gauge on the Ukrainian territory (Chop, Batevo, Korolevo, Dyakovo) without changing of wheel sets. The longest railroad section, gauge of 1435 mm, used on the territory of Ukraine - 112 km (Chop-Dyakovo). Ukraine and Hungary are considering the possibility of putting on the Mukachevo-Budapest train on the European gauge, which will save a lot of time for tourists [12].

As an example of such technology usage are the Baltic countries. One of the priority railway projects in Europe is the railway "Rail Baltica" (Fig. 5), it is a part of the railway corridor "North Sea-Baltic", which connects Finland, Estonia, Latvia, Lithuania, Poland, Germany, Holland, Belgium and Luxembourg. The length of the "North Sea-Baltic" corridor is 3200 kilometers. The major objective of Rail Baltica is the resumption of direct communication between the Baltic States and the European railway network and the development of regional integration. Integration of the railways in Estonia, Latvia and Lithuania into the transport system of the European Union will allow increasing the speed of train traffic, growth of passenger and freight traffic and profits.

According to the project, the highway will pass through Tallinn, Riga, Kaunas, Warsaw and Berlin (and further - the continuation of the route to

Venice), thus improving the communication between Central and Eastern Europe.



Fig. 5. Railway «Rail Baltica» [107]

6. Use of the dual gauge 1435/1520 mm

At Lviv railway, the total length of the dual railway track (1520 and 1435 mm) is about 150 km. This line is laid on the sections: the State Border - Mostiska 2 - Rodatichi, the State Border - Chop-Batevo, the State Border - Yagodin - Kovel, etc. These sections are included in the international transport corridors (Cretan No. 3, No. 5 and Gdansk-Odesa).

As an example of using the dual gauge is the international project "Rail Baltica" from the state border of Lithuania and Poland to Kaunas (Fig. 6). A new gauge of the European standard (width of 1435 mm) was laid on the railroad section "Rail Baltica" with a length of 120 km, and next to it the existing railway line of the Russian standard (1520 mm) was renovated. On the new route 233 km of new rails for tracks with a wheel gauge of 1435 mm and 1520 mm were laid, including track parks at the stations, the infrastructure of railway engineering networks was updated, stations were reconstructed.



Fig. 6. Dual gauge at the section Shyashtokai - Mockava [107]

In October 2015, the first section of the railway was laid, and from June 17, 2016, a regular passenger service from Kaunas (Lithuania) to Belostok (Poland) was opened.

The main disadvantage of the dual gauge is that it requires junctions and bypasses of separate points due to the need to lay off the turnouts for normal 1520 mm gauge and European 1435 mm one, which leads to a decrease in the speed of the trains when passing stations.

Fig. 7 shows an example of stresses distribution for a dual gauge (the spatial model of dynamic strains of the railway track on the basis of the elasticity theory [45] for the passenger car).

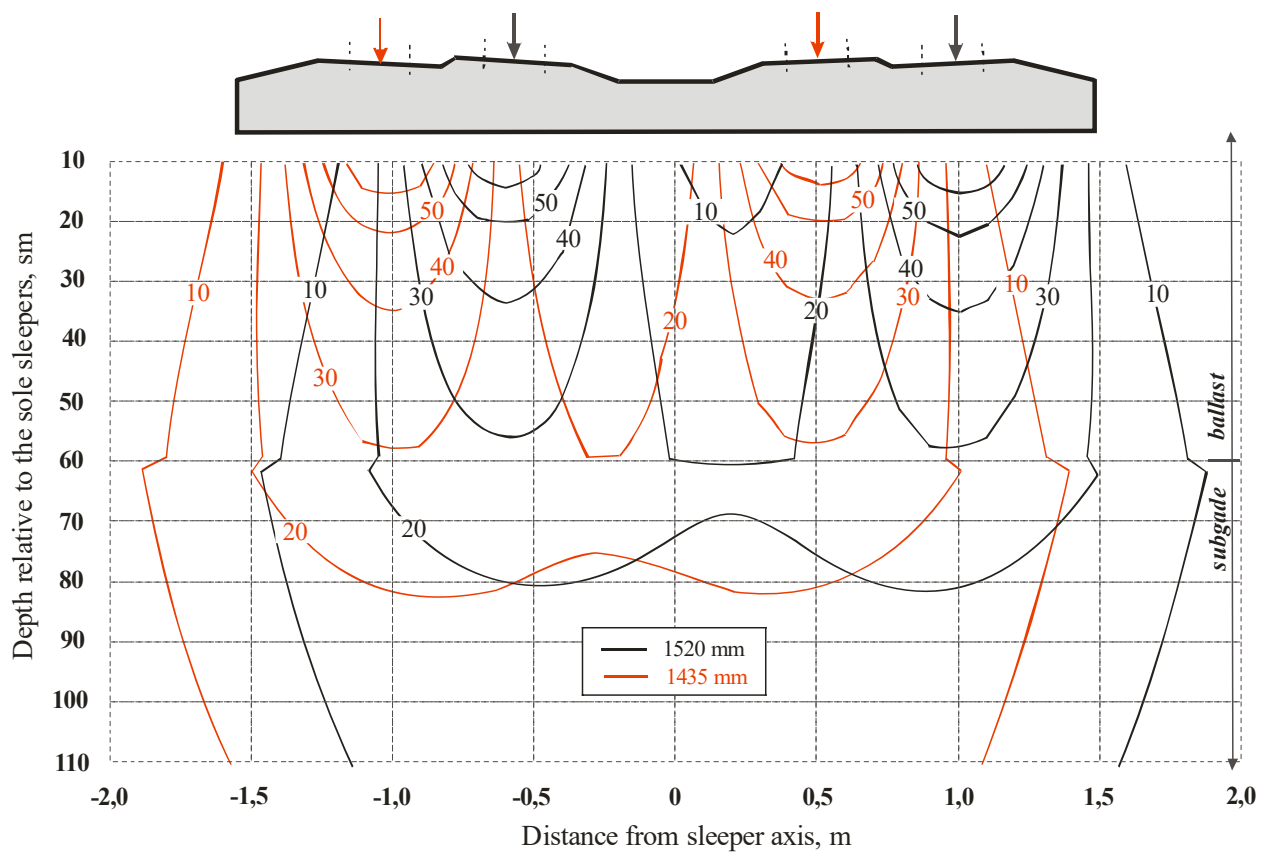


Fig. 7. Stresses distribution for a dual gauge, kPa
(simulatin for the passender car)

Methods for evaluating the effectiveness of options

Each of the options for organizing regular transportation requires some costs and has both advantages and disadvantages. The following major principles are base in the evaluating the effectiveness of the project: consideration of the option (project) throughout the calculation period, positivity and maximum effect, time factor record, the inflation impact, uncertainty, risks, and suchlike. It is recommended that the beginning of the calculation period be taken as the date of allocation of funds for the project work. The basis for the preliminary assessment is the methodology developed by the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO).

The evaluation can be carried out according to the following indicators:

- net present value NPV (Net Present Value of Discounted Cash Flow)
- is the difference between total income and all types of costs, taking into

account the time factor. Discounting of monetary expenses is carried out by multiplying them on the discount factor;

- internal rate of return IRR (Internal Rate of Return) is defined as the annual coefficient of capital investments, which ensures that the costs and incomes for the "life" term of the investment are equal to zero. The project is considered to be effective if the IRR is not lower than stable bank rates;
- pay-back period of capital investments PBP (Pay-Back Period) represents the payback period, during which the income minus operating costs (functional and administrative) reimburses the basic capital investments;
- maximum cash outflow (Cash Outflow) – this is the most positive net present value

There is a large number of researches of domestic and foreign authors concerning the practical aspects in choosing the certain indicators of the investment projects efficiency. For example, in paper [8] it has been shown that in American companies, the main indicators of the investment projects efficiency were the IRR criterion (76%) and the NPV evaluation method (75%). In the UK, the difference in the popularity of the IRR and NPV criteria for assessing the investment attractiveness of the project was also 1% (81% and 80% respectively). In the Netherlands, according to research results, the NPV criterion is the most popular method for assessing the investment projects efficiency; the criteria for IRR and RGD are used by Dutch companies to be approximately equally (89% and 84% respectively). In Canada, the most popular criterion used in Canadian companies was NPV, followed by the IRR and the PBP. In Australia, research has shown that the most popular criterion for determining the projects efficiency is the NPV criterion. Widely used method of determining the payback period: the percentage of NPV usage was 94, a simple payback period - 90.

In China, the most popular evaluation methods are the IRR criterion and the method for determining the payback period of the project. Less than half of Chinese companies uses the NPV criterion.

Numerous results of research confirm the hypothesis that large organizations abroad prefer to use more advanced and complex from the point of view of calculation criteria for investment justification, such as NPV and IRR.

Model for predicting and evaluating the effectiveness of options

To compare the above mentioned options, the authors developed a model for predicting and assessing the efficiency of railway transport from the border of one state to the border of the other one, taking into account all expenditures by the *NPV* indicator, which is the difference between total income (D_t) and all types of expenses taking into account the time factor (K_t - investments, costs in $ZLoc_t$ - locomotive fleet, $ZCar_t$ - car fleet, C_t - current operating costs, and S_t - costs, depending on the type of technological operations and the time of freight cars presence at the station splicing of different gauges (according to options 1-6):

$$NPV(t) = \sum_{t=0}^{T_p} (D_t - K_t - ZLoc_t - ZCar_t - C_t - S_t) \eta_t.$$

Uncertainty and risks in assessing the effectiveness of options are taken into account through the modified discount rate, which is included in the calculation of discount coefficient of the different-time expenditures η_t .

To determine the transfer fee, the International Railway Transit Tariff (ITT) was used. It applies for the cargo transportation, as well as for transportation through border and port stations [50].

The tariff is determined depending on the distance of transportation, and, the highest growth rate of the fee (by an average of 10% for every 100 km) is observed at distances up to 1000 km and only 0.5% - at greater distances. This, as it will be shown below, has a significant effect on the eventual outcome.

Analogically, tariffs are formed in many countries, for example, on US railways, in the conveyance in low-priced bulk or in destinations where there is competition from other modes of transport, in other words, there is a tariff lower than that for cargo transportation, which can only be transported by railway. The transportation distance is conditionally divided into zones of economic efficiency of cargo delivery. The better the state of highways and modern trucks, the higher will be the zone of economic efficiency under other equal conditions. The above applies with regard to railway transport. On the other hand, it is also evident that the zone of economic efficiency of the cargo delivery decreases with the increase in the costs of consignors.

The model developed by the authors allows obtaining the solution of the inverse problem - determining the sphere of effective application for the chosen transportation option.

During the simulation, such source data as the initial volumes and the rate of their growth over time, length of haul, the type of cargo and cars for transportation (containers on platforms, tanks, universal cars) varied, the speed of delivery, which depended on the state of the railway infrastructure on the international transport corridors etc.

Let us consider, how the cargo traffic volume (G_t) and the rate of its growth (ΔG) affects the transport process at a various length of cargoes transportations. For example it is accepted: $G_t=5,0$ million tons/year. The length of transportation varied from 400 up to 2000 km.

With stable flows of cargo $G_t=5,0$ million tons/year the term for the appearance of net present value $\sum_{t=1}^{15} NPV_t$ is: at length of haul up to 1000 km – about three years, at length of 1800 km – the 7th year, 2000 km – the 9th year (Fig. 8).

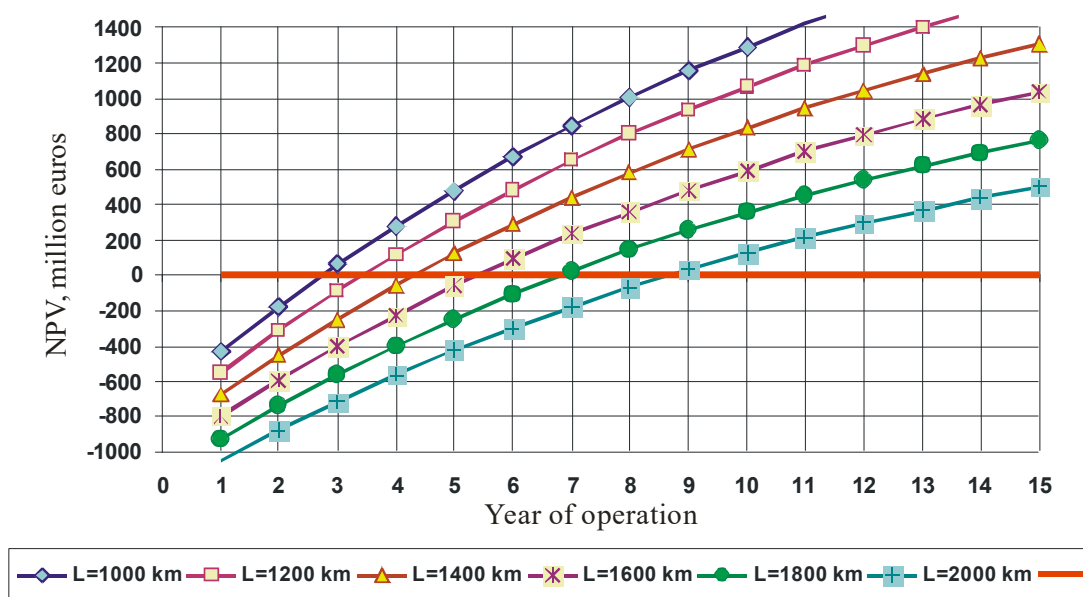


Fig. 8. Dependence of NPV on the length of haul more than 1000 km

At the same time, the largest total revenue is observed at length of haul of 1000 km (Fig. 9). If we set at 100% of the total revenue for the length of haul 400 m, then at a length of 600 km income increases by 26.1%, at a length of 800 and 1000 km, respectively, by 56.1 and 85.6%. At lengths

greater than 1000 km the profit decreases and at a length of 1700 km becomes negative. So, short routes of 600-1400 km are desirable.

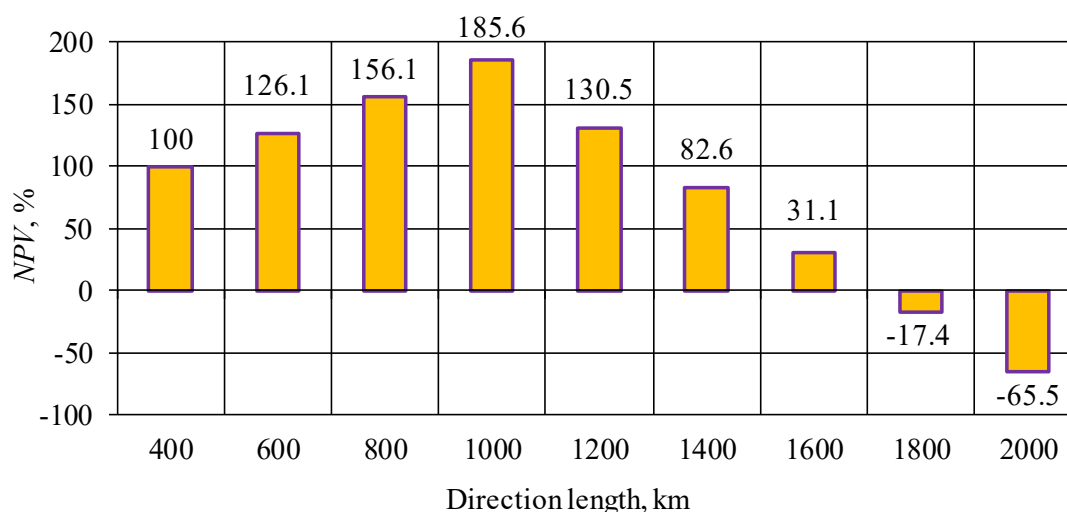


Fig. 9. Change in net present value (%), depending on on length of haul

To study the impact of the sectoral speed value on the final result, calculations are presented for a length of 1000 km at values of the sectoral speed from 30 to 60 km/h (for further extention) km/h. According to the obtained results, a diagram of the change in net present value $\sum_{t=1}^{15} NPV_t$ was constructed (Fig. 10) in comparison with sectoral speed (V) of 30 km/h.

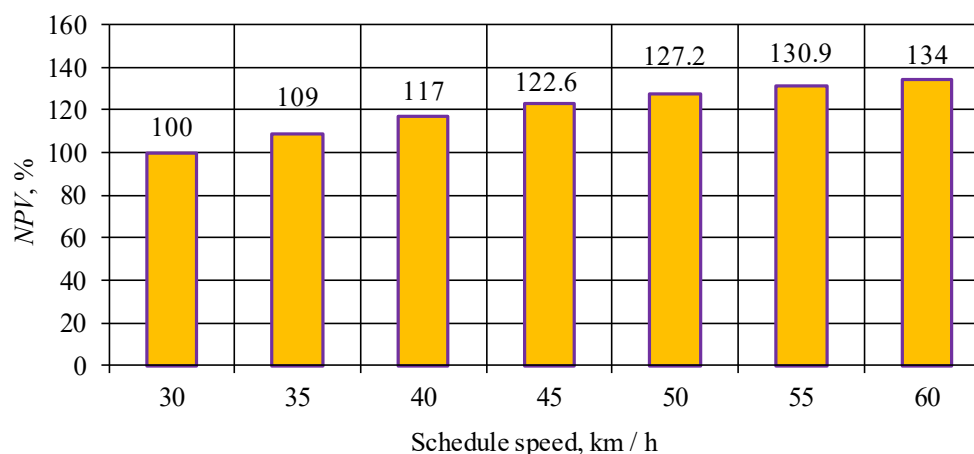


Fig. 10. Change in net present value, depending on the level of sectoral speed

The analysis of the diagram makes it possible to conclude that there is a need for modernization of international transport corridors in order to increase the speed affecting the circulation of rolling stock, the need for them to carry out transportations and, as a result, to obtain revenues from transportations. From analysis, it may be the recommended sequence of events. Thus, an increase V from 30 to 40 km/h leads to an NPV increase by 17.0%, with an increase V from 40 to 50 km/h - by 10.2%, and from 50 to 60 km/h - by 6.8%.

Conclusions and recommendations

Taking into account the significant volumes of transportation in the East-West direction as well as the favorable geographical position of Ukraine, it can be argued that creating an efficient modes for organizing the cargo transportation in international traffic with the EU countries will allow attracting the additional volumes of transit cargo traffic. The positive experience, first of all in the European Union countries, has shown that if there is an efficient transport network and an advanced system for the cargo transfer at the points of changing railway infrastructure standards, both domestic and transit cargo traffic increase significantly, which makes it possible to increase the attractiveness of the country in the international transport system. The results obtained in our research allow us to conclude that international transportation carried out through the territory of Ukraine has certain special characteristics. Changing railway gauge standards at the border with European countries are forcing to look for the most rational routes for cargo transportation (taking into account the length, technical state and parameters of the ITC, delivery speed, etc.) and rational technologies for the reloading-free transfer of cargoes at the border points, which will lead these transportations to an innovative way of development. The obtained results allow to bring the scientific basis for the creation and further development of the modern national system of intermodal transportations, as well as optimization of parameters of its individual units for further integration into the European transport system.

In most cases, it is inappropriate to compare options considering the entire cargo traffic as a whole. The greatest efficiency can be achieved by having different means of transport that can be used for certain types of goods. For example, transshipment of hazardous liquids requires not only special equipment and additional protection of the railway track within the

station from pollution, but also the probability of negative environmental impact increases. In such cases, preference may be given to options of transportation, that do not require transshipment despite their high cost.

Having researched various ways of cargo transportation by international transport corridors and various options of the transition of rolling stock across the border (cargoes transshipment, changing the cars bogies, application of rolling stock equipped with EWS, using the broad-gauge railway of 1520 mm from the borders of Ukraine to the territory of Europe, continuation of the European gauge of 1435 mm from the borders of Europe on the territory of Ukraine, the use of a dual gauge 1435/1520 mm, it is possible to draw the following conclusions: in option 3 (application of EWS), it is most expedient to use cars equipped with extensible wheel in directions with stable cargo traffic, that form short routes at the length of 600-1200 km. In this case, technical problems related to the design and manufacture of the EWS should be solved, and their cost should be reduced by at least 20%. Wide using the EWS technology for cargo transportation is problematic, but it has the advantage over others when transporting valuable and dangerous goods. The type of cargo and the delivery time can be decisive. For example, in the long terms of cargo delivery to the consignee, railway transportations with cargoes transshipment may become non-competitive to vehicles

The authors considered the whole chain when choosing logistic schemes for transportation by railway along international transport corridors: transportation from the consignor - crossing the border with a different standard of the railway gauge - transporting the cargo to the consignee. It allows planning measures to accelerate the cargo delivery, both on the territory of Ukraine, and during the transfer of cargoes at border stations, to predict the revenue generation from the implementation of international transportation in the "East-West" direction, which is very important for attracting investments.

Simultaneously with proposals to take into account the impact of certain factors on innovative technologies when change of rolling stock from Ukraine to the European gauge to ensure "Ukraine-EU" transit transportations, there is a number of unresolved issues today. They are including non-technological time losses at border stations, lack of sufficient investments in rolling stock and infrastructure. Undoubtedly, in order to make a final decision, not only economic but also social factors, as well as reliability (operational safety) of a particular cargo transportation system should be

taken into account. This issue is subject to additional research, but even now it can be said that the greatest reliability and the smallest delays at the border were provided by options for construction a broad-gauge railway or European one to the corresponding terminals or ports.

The results of the research were widely presented for discussion at the International Conference “Scientific and Technical Support for the Development of Railway Transport in International Traffic” (April 19-20, 2018 at the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, Ukraine) [49], the 22nd international scientific conference “Transport Means 2018” (October 3-5, 2018 in „Trasalis – Trakai resort & SPA“, Trakai (Lithuania)) [103], the 7th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” (November 14-16, 2018, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine) with support from MATEC Web of Conferences [104].

ГЛОСАРІЙ ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ

Монографія присвячена проблемам науково-технічного забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні Україна-Євросоюз. Отже, порушуються питання визначення умов і ефективності міжнародних перевезень через територію України, маршрутів доставки вантажів, основними з яких є міжнародні транспортні коридори та багато інших, пов'язаних з інфраструктурою й рухомим складом.

Мета глосарію – формування єдиного розуміння понять й узгодження термінології.

Безпека залізничного транспорту – стан залізничного транспорту, за якого відсутній неприпустимий ризик, пов'язаний із заподіянням шкоди життю або здоров'ю громадян, майну, а також навколишньому середовищу, життю або здоров'ю тварин і рослин.

Вантажовідправник – особа (фізична чи юридична) або компанія, яка передає вантажі у ведення інших осіб або компаній (агент-експедитор / експедитор, перевізник / оператор перевезення) для його доставки одержувачу.

Вантажонапруженість B_0 та інтенсивність пасажирських перевезень Π_0 – характеристики ступеня завантаження роботою певної ділянки транспортної мережі (т·км/км або пас.-км/км):

$$B_0 = \frac{\sum q_i l_i}{L}, \quad \Pi_0 = \frac{\sum p_i l_i}{L}$$

Вантажообіг $\sum q_i l_i$ – кількість транспортної роботи при перевезенні певних обсягів вантажу на певні відстані, вимірюється в тонно-кілометрах.

Вартість вантажної маси (грн), що перебуває на транспорті під час перевезення вантажів, залежить від ціни вантажу й термінів доставки. Показник дуже важливий, оскільки це оборотні кошти, вкладені в товар для його реалізації й повернення продажу для подальшого виробництва. Цим показником можна оцінювати якість роботи транспорту.

Верхня будова колії – частина залізничної колії, призначена для прийняття навантажень від коліс рухомого складу й передачі їх на нижню будову колії, а також для спрямування руху коліс рейковою колією.

Дільнична швидкість руху вантажного поїзда – середня швидкість руху поїзда по ділянці з урахуванням часу стоянок на проміжних станціях, розгону, уповільнення й затримки поїзда на перегонах.

Залізнична колія – підсистема інфраструктури залізничного транспорту, що містить верхню будову колії, земляне полотно, водовідвідні, водопропускні, протидеформаційні, захисні та укріплювальні споруди земляного полотна, розташовані в смузі відводу, а також штучні споруди.

Інтермодальна транспортна одиниця (ІТО) – контейнери, знімні кузови й напівпричепи, придатні для інтермодальних перевезень.

Інтермодальні перевезення – послідовність перевезення вантажів двома або більше видами транспорту в одній і тій самій вантажній одиниці або автотранспортному засобі без перевантаження самого вантажу при зміні виду транспорту.

Інтермодальність – термін позначає систему транспортування, яка передбачає використання двох або більше видів транспорту для перевезення однієї й тієї самої вантажної одиниці або вантажного автотранспортного засобу в рамках комплексного транспортного ланцюга (від дверей до дверей) без вантажно-розвантажувальних операцій.

Інтероперабельність – здатність системи до взаємодії, інтерфейси якої повністю відкриті взаємодіяти й функціонувати з іншими системами без будь-яких обмежень доступу і реалізації.

Інфраструктура залізниці – технологічна система, що складається із сукупності підсистем – залізничної колії, залізничного енергопостачання, залізничної автоматики й телемеханіки, залізничного електрозв'язку, станційних споруд і пристроїв, виділених ліній швидкісного залізничного транспорту.

Комбіновані перевезення – інтермодальні перевезення, у рамках яких велика частина європейського 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.

Логістика – процес організації ланцюга доставки й управління цим ланцюгом: поставка сировини, необхідної для виробництва, управління матеріальними ресурсами на підприємстві, доставка на склади і в розподільні центри, сортування, переробка, упаковка й остаточний розподіл у місцях споживання.

Логістичний центр – територіальне об'єднання незалежних компаній і органів, що займаються вантажними перевезеннями (наприклад, транспортних посередників, вантажовідправників, операторів перевезень, митних органів) і супутніми послугами (наприклад, зі зберігання, технічного обслуговування і ремонту), що включає щонайменше один термінал.

Маршрутна швидкість – середня швидкість руху на даному напрямку від початкової до кінцевої станції з урахуванням часу на розгін, гальмування й стоянок на роздільних пунктах

Модернізація – означає потребу змінювати щось відповідно до сучасних вимог. Може розглядатись модернізація пунктів перестановки вагонів, елементів конструкції верхньої будови колії або ж заміна основних пристроїв залізниці більш потужними, досконалішими.

Обсяг перевезення пасажирів p_i – це кількість пасажирів, перевезених за одиницю часу.

Обсяг перевезень вантажів q_i – це кількість тонн продукції, що перевозиться за одиницю часу. Одиницею часу може бути будь-який період: доба, місяць, рік.

Пасажирооборот $\sum p_i l_i$ – кількість транспортної роботи з перевезення певної кількості пасажирів на певні відстані. Його розміри залежать від транспортної рухливості населення, тобто кількості поїздок за рік, що припадають на одного жителя, і середньої дальності поїздок, а також від рівня життя населення. Вимірюється в пасажиро-кілометрах.

Перестановка вагонів – заміна вагонних візків для забезпечення безперевантажувального (безпересадочного) залізничного сполучення на залізницях різної ширини колії.

Питомі капіталовкладення – це сукупність одноразових витрат, спрямованих на створення нових або реконструкцію або модернізацію діючих основних фондів (постійні пристрої і рухомий склад для роботи транспорту), віднесені до 1 т або 1 т·км.

Посилення існуючих залізниць – у ДБН В.2.3-19-2008 під цим терміном розуміють модернізацію чи реконструкцію, тобто перехід на новий життєвий цикл внаслідок того, що всі існуючі резерви для вирішення конкретних завдань вичерпано.

Приведена вантажонапруженість, млн т·км/км, – визначається як відношення приведених тонно-кілометрів $\sum q_i l_i + k \sum p_i l_i$, віднесених до одного кілометра експлуатаційної довжини залізниць L :

$$B_{\text{пр}} = \frac{\sum q_i l_i + k \sum p_i l_i}{L}.$$

Приведена вантажонапруженість використовується в ДБН В.2.3-019-2008 для встановлення категорії залізниці.

Вантажонапруженість та інтенсивність руху пасажирських поїздів дають основу для визначення можливостей підвищення пропускної та провізної спроможності мережі. Якщо значення цього показника велике – відбувається інтенсивна експлуатація ділянки мережі, на якій здійснюються перевезення. Надмірне збільшення значення цього показника позбавляє мережу резерву з пропуску додаткових транспортних засобів, а отже, ускладнює роботу транспорту на цій ділянці. У таких ситуаціях можлива або необхідна зміна мережі шляхом будівництва додаткових головних колій, заміна тепловозної тяги на електричну тощо.

Занадто мале значення цього показника свідчить про неефективність використання ділянки мережі й може служити підставою для закриття цього напрямку.

Провізна спроможність залізниці – це загальна кількість тонн вантажів і пасажирів, що перевозяться на ділянці упродовж року. Пропускна і провізна спроможність характеризують потужність залізниці, дуже важливі показники для характеристики можливостей транспортної мережі та ступеня її використання.

Продуктивність праці – це відношення транспортної роботи до кількості зайнятих у ній працівників. Вимірюється продуктивність праці в приведених тонно-кілометрах на одну людину:

$$P_0 = \frac{\sum q_i l_i + k \sum p_i l_i}{\bar{C}},$$

де $\bar{C}$ – середньооблікова чисельність працівників, що беруть участь у перевезеннях.

Пропускна спроможність залізниці – це максимальна кількість поїздів, які можуть проходити по ділянці залізниці за добу. Можна визначати пропускну спроможність місць перевантаження, наприклад, при зміні ширини колії.

Реконструкція – корінна перебудова чогось з метою удосконалення, наприклад, перебудова плану, профілю лінії, станцій тощо. Це складний, дорогий і трудомісткий етап робіт.

Собівартість перевезень – визначається витратами, необхідними для здійснення одиниці транспортної роботи. Вона вимірюється в гривнях на тонно-кілометр (пасажиро-кілометр).

Сталий розвиток транспорту – це насамперед гармонійний розвиток транспорту, що передбачає гармонізацію економічного, соціального й екологічного підходів. Отже, це керований розвиток, основою реалізації якого є системний підхід та сучасні інформаційні технології, які дають змогу з високою точністю прогнозувати їхні результати та вибрати найбільш оптимальні напрями розвитку. Загальноєвропейська програма по транспорту, навколишньому середовищу та охороні здоров'я (ЗПТНСОЗ).

Тариф – плата за проїзд пасажирів і провізна плата за перевезення вантажів, багажу й вантажобагажу, а також правила його застосування.

Термінал – місце, обладнане для перевалки й зберігання ІТО.

Терміни виконання перевезення – зазвичай вимірюються в добі. У ринкових відносинах і із застосуванням логістичних принципів побудови транспортного процесу цей показник має першорядне значення.

Технічні стандарти сумісності Європейських залізничних систем – TSI (Technical Standards of Interoperability) – сферою застосування TSI є європейська залізнична мережа, робота якої регулюється Директивою 96/48 з поправками, внесеними Директивою 2004/50. Відповідно до Директиви 96/48, транс'європейська залізнична система поділяється на структурну (інфраструктура, енергозабезпечення, контроль управління, рухомий склад) та функціональну (обслуговування, охорона навколишнього середовища, експлуатація, споживач) підсистеми.

Транспортні коридори – умовна назва сукупності магістральних транспортних комунікацій з відповідними облаштуваннями різних видів транспорту, які узгоджено функціонують у певному напрямку відповідно до стандартів міжнародного рівня.

Трудомісткість – показник, зворотний продуктивності праці. Він дає інформацію про витрату трудових ресурсів для виробництва одиниці транспортної роботи на цьому виді транспорту.

$$T_0 = \frac{C}{\sum q_i l_i + k \sum p_i l_i}.$$

Швидкість доставки вантажу – середньодобова швидкість просування вантажу за час перебування його в процесі перевезення від моменту відправлення (прийняття до перевезення) до моменту прибуття на станцію призначення.

Щільність транспортної мережі за кількістю населення, км/1 млн чол., визначається часткою від ділення суми довжин експлуатованих ділянок доріг конкретного виду транспорту на кількість населення.

Щільність транспортної мережі за площею, км/1000 км², визначається часткою від ділення суми довжин експлуатованих ділянок доріг конкретного виду транспорту на загальну площу території, на якій вони розташовані.

ВСТУП

Економічний розвиток кожної держави багато в чому залежить від роботи транспортної системи, яка повинна забезпечувати надійну, безпечну й ефективну роботу вантажного транспорту як всередині країни, так і за кордоном. Для України особливо важливо забезпечити такі умови для залізничного транспорту між Європою і Азією. Наскільки актуальними є питання міждержавних перевезень, можна судити з матеріалів, які публікує Комітет Організації співробітництва залізниць (ОСЗ). Так, на сторінках журналу ОСЗ з назвою «Передова практика підвищення ефективності міжнародних залізничних перевезень на євразійському просторі» (Варшава, 2014 р.) обговорювалися такі питання, як полегшення процедур при перетині кордонів залізничним транспортом, досвід залізниць щодо прискорення проходження кордонів при міжнародних залізничних перевезеннях в євразійському просторі та ін.

Географічна сфера дії ОСЗ охоплює понад 280 тис. км залізничних ліній у 28 країнах світу, якими перевозиться за рік майже 6 млрд тонн вантажів і понад 4 млрд пасажирів. Природно, що на цьому просторі для успішного забезпечення залізничних перевезень важливу роль відіграє час. Тому основними напрямками діяльності є розвиток та удосконалення міжнародних залізничних перевезень, включаючи комбіновані, як між європейськими країнами, так і в сполученні між Європою і Азією, та робота зі скорочення часу проходження поїздів через міждержавні кордони.

Україна, завдяки своєму географічному положенню та розвиненій транспортній інфраструктурі, має значний потенціал у розвитку вантажних перевезень, передусім, у міжнародному сполученні, зокрема як країна-транзитер у логістичному ланцюзі товарообміну між Азією та Європою. За оцінками Британського інституту з проблем транспорту «Рендел» коефіцієнт транзитності України становить 3,75 (при максимумі 5); це найкращий показник серед країн Європи (для порівняння, у Польщі, що посідає другу сходинку, цей показник 2,92). Територією

України проходить 5 міжнародних транспортних коридорів; розгорнута довжина цих маршрутів приблизно 6,5 тис. км, з яких 3,5 тис. – це залізничні колії. У 2016 р. Україна приєдналася до Координаційної ради з розвитку Транскаспійського міжнародного транспортного маршруту (ТМТМ) у Китай через Грузію, Азербайджан та Казахстан.

Залізничний транспорт в Україні є основним перевізником вантажів, на який припадає (без урахування трубопровідного транспорту) 65 % усіх вантажних перевезень та 81 % вантажообігу, близько 50 % пасажирообігу. У 2017 р. міжнародні перевезення становили понад 50 % від загального обсягу залізничних перевезень вантажів. У структурі міжнародних залізничних перевезень найбільшу частку складають експортні вантажі – 42 %, для порівняння, імпорт – 12 %, транзит – 11 %.

Для України, як країни з великим транзитним потенціалом, вкрай важливим є досягнення стратегічної мети – інтеграції вітчизняних залізниць у транспортну мережу Центральної та Західної Європи.

Можливості залізничного транспорту для організації перевезень між країнами Європейського Союзу та України використовуються не повною мірою, оскільки є низка технічних причин несумісності транспортних систем України і країн Європи, а саме: різна ширина колії, характеристики рухомого складу, вид СЦБ, напруга в контактній мережі, габарити тощо.

Подальші перспективи інтеграції залізниць України у європейську транспортну мережу залежать від виконання таких положень: наскільки успішно будуть вирішені завдання з реального освоєння міжнародних транспортних коридорів (МТК); від готовності залізничних ліній, що входять у МТК, до ефективного використання їх для міжнародних перевезень; від наявності рухомого складу, що забезпечить перевезення з встановленими швидкостями; від вирішення низки політико-економічних і техніко-технологічних проблем пасажирообороту й обороту вантажів між Україною та Європою.

Курс на європейську інтеграцію є природним наслідком здобуття Україною незалежності. Водночас європейська інтеграція – складний та суперечливий соціально-економічний процес налагодження тісного співробітництва європейських держав. І важливу роль в рамках вирішення завдань цього процесу відіграють МТК, де застосовується як один вид транспорту (унімодальні перевезення), так і різні види (мультимодальні перевезення).

Основні вектори сучасних геопросторових зв'язків України: Польща – країни ЄС Середньої Європи; Білорусь – країни Балтії; Грузія – країни Центральної Азії та Закавказзя. Передбачається також нарощування транзиту контейнерів та інших вантажів через територію України в рамках розвитку транспортних маршрутів: країни ЄС – Китай («Новий Шовковий шлях»), країни ЄС – Іран, Індія, країни ЄС – Туреччина та інші (не менше ніж 1 млн TEU в 2025 році та 2 млн TEU в 2030 році).

Зростання обсягів торгівлі ЄС з Китаєм, Індією та іншими країнами сприяють забезпеченню сталого розвитку передусім залізничних перевезень у міжнародному сполученні Україна–Євросоюз.

У монографію увійшли результати, отримані під час виконання науково-дослідної роботи «Науково-технічне забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень в міжнародному сполученні Україна–Євросоюз», що виконувалася за завданням МОН України за участю авторів, а також у ході виконання досліджень згідно з Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом при підготовці магістрів спеціальності 273 Залізничний транспорт спеціалізації «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті» в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Під час досліджень було застосовано інноваційний підхід, який передбачає аналіз світового досвіду, дослідження передумов щодо науково-технічного забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні Україна – Євросоюз. Розроблено методологічні підходи та методи оцінки ефективності розвитку інфраструктури та спеціалізованого рухомого складу для здійснення міжнародних перевезень, що дозволяють визначати сферу ефективного транспортування вантажів по МТК і технологію передачі вантажів на прикордонних станціях при зміні стандарту залізничної колії.

Результати роботи оприлюднені в доповідях на Міжнародних конференціях: VI międzynarodowa konferencja naukowa zorganizowana przez instytut kolejnictwa i wydział transportu politechniki warszawskiej «Najnowsze technologie w transporcie szynowym» (Warszawa, November 16–17, 2017 p.), «Науково-технічне забезпечення розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні» (Дніпро, 19–20 квітня 2018 p.), «Енергооптимальні технології, логістика та безпека на транспорті» (Львів, 18–19 червня 2018 p.), Transport Means – Proceedings of

the International Conference (Trakai, Kaunas Lithuania, October 03–05, 2018), VII міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, 14–16 листопада 2018 р.).

Міжнародний досвід залізничних перевезень у сполученні Європа – Азія

1.1. Досвід експлуатації міжнародних транспортних коридорів

1.1.1. Проблеми інтеграції транспортної системи України у європейську

На сьогодні стан транспортної галузі не повною мірою відповідає вимогам ефективного впровадження євроінтеграційного курсу України та інтеграції національної транспортної мережі до транс'європейської транспортної мережі TEN-T. Швидкість доставки вантажів на українських залізницях становить максимум 400 км на добу, тобто менше ніж 17 км/год, а для більшості вантажів це 8–14 км/год. Вантажонапруженість на залізницях України в 4-5 разів перевищує європейську. Водночас відсутність останніми десятиліттями сталого фінансування транспорту призвела до масштабного зносу основних фондів транспортної інфраструктури.

Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року [55] визначає напрями поліпшення якості надання транспортних послуг, передбачає наближення рівня їх надання та розвитку інфраструктури до європейських стандартів, підвищення рівня безпеки та зменшення негативного впливу на довкілля.

У ході реалізації Стратегії планується отримати високотехнологічну транспортну систему, у якій буде розбудовано ключову транспортну мережу (core network) та забезпечено її експлуатаційну сумісність (інтероперабельність) з мультимодальною міжнародною та транс'європейською транспортною мережею TEN-T, зокрема залізничною мережею колії 1435 мм; масові регулярні перевезення контейнерів (не менше ніж 1 млн TEU на рік) та інших вантажів мультимодальним транспортом, зокрема й у транзитному сполученні Європа – Азія.

Для зміцнення транзитного потенціалу транспортної галузі України необхідно забезпечити експлуатаційну сумісність національної транспортної мережі з мультимодальною світовою транспортною мережею; доставку «від дверей до дверей» та виконання «шести правил логістики» в ланцюгах поставок (вантаж, якість, кількість, час, місце, витрати – тобто необхідний товар необхідної якості у необхідній кількості доставлений у потрібний час у визначене місце із мінімальними витратами).

Інтеграція транспортної системи України у європейську – актуальне питання не завтрашнього, а вже сьогоднішнього дня. З підписанням Україною Угоди про асоціацію й зону вільної торгівлі з Євросоюзом нашій країні потрібно для переходу на європейські технічні стандарти \$ 160 млрд, що еквівалентно річному ВВП країни. Частина цих ресурсів повинна бути спрямована на вирішення проблем інтероперабельності (технічної сумісності) транспортних систем України і країн ЄС.

Фахівці «Укрзалізниці» з 2007 р. працюють у загальній міжнародній групі Європейського агентства залізничного транспорту (ERA), яка була заснована Радою Європи на нараді Міністрів транспорту країн-членів ЄС з метою виконання аналізу можливої взаємодії систем колії 1520 мм та 1435 мм (скорочена назва TSI). Разом з Україною рухаються в цьому напрямку залізничні адміністрації та компанії інших країн СНД.

Раніше питання інтероперабельності постало в країнах Балтії. У 2005 р. міністерства транспорту Латвії, Литви та Естонії звернулися до Комітету ОСЗ з проханням, разом з фахівцями ЄС, допомогти їм вирішити проблеми взаємодії та сумісності залізничних систем 1520 мм та 1435 мм, а також розробити «Технічні специфікації з інтероперабельності» TSI для колії 1520 мм. Необхідність у цьому виникла у зв'язку зі вступом країн Балтії в ЄС. У цьому випадку залізничний транспорт опинявся відразу під двома комплексними нормативами: у зоні вимог Євросоюзу, для якої діють нормативи з колією 1435 мм, і нормами для колії 1520 мм, які ще були чинними.

Метою ERA є затвердження Європейською Комісією з транспорту технічних специфікацій, які дозволять країнам ЄС і СНД безперешкодний, з технічної позиції, проїзд залізничного транспорту через кордон ЄС і вихід його на мережу колії 1435 мм. Крім того, залізничники зможуть здійснювати спільне проектування, розробку,

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Австрийские федеральные железные дороги [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://oebb.at/en/index.jsp> (дата звернення 28.09.18)
2. Альбом міжнародних залізничних транспортних коридорів / Укрзалізниця. Гол. упр. розвитку та інвестицій. – Київ, 2001. – 21 с.
3. Баль О. М. Проект «Євроколія до Львова» [Електронний ресурс] / О. М. Баль // Матеріали Міжнар. наук. конф. (19.04-20.04.2018), Дніпро, ДНУЗТ. С. 80-82. Режим доступу: <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/10482> (дата звернення 28.09.18)
4. Безуглий П. В. Оптимізація процесу перевезень експортно-імпортних вантажів / П. В. Безуглий // Залізничний трансп. України. – 2004. – № 4. – С. 27.
5. Бельський М. Н. Экономика железнодорожного транспорта : учебник для ВУЗов ж.-д. трансп. / М. Н. Бельський. – Москва : Транспорт, 1985. – 438 с.
6. Богачёв В. Н. О норме эффективности капитальных вложений и дисконтной ставке / В. Н. Богачёв // Оптимизация сроков осуществления инвестиционных программ. – Новосибирск : ИЭи-ОПП СО РАН СССР, 1975. – С. 7–95.
7. Болвановська Т. В. Аналіз прикордонних станцій на прикордонних переходах з залізницями третіх країн / Т. В. Болвановська // Матеріали міжнародної конф. «Науково-технічне забезпечення розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні». – Дніпро : ДНУЗТ, 2018. – С. 103-105.
8. Боталова А. С. Практика принятия инвестиционных решений в компаниях: зарубежный опыт / А. С. Боталова, А. М. Емельянов // Корпоративные финансы. – 2010. – № 2 (14). – 76-83 с.
9. Быков Б. В. Конструкция тележек грузовых и пассажирских вагонов : иллюстрированное учебное пособие / Б. В. Быков. – Москва : Маршрут, 2004. – 36 с.
10. Вергун О. Ф. Рекомендації з техніко-економічних розрахунків окремих показників експлуатаційної роботи залізниць: підручник / О. Ф. Вергун, Н. В. Липовець, Д. Ю. Гаркуша. – Київ : Транспорт України, 2002. – 64 с.
11. Волков Б. А. Анализ сметной стоимости строительство железных дорог / Б. А. Волков, А. Д. Ларионов. – Москва : Транспорт, 1980. – 159 с.
12. В Мукачево проведут европейскую колею [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ua.igotoworld.com/ru/news/1004_v-mukachevo-provedut-evropeyskuuyu-koleyu.htm (дата звернення 28.09.18)
13. Водяников Ю. Я. Вопросы адаптации подвижного состава зарубежных производителей к условиям железных дорог Украины / Ю. Я. Водяников, Л. С. Ольгард // Вагонный парк. – 2012. – № 12. – С. 58.
14. Гибшман А. Е. Учет неопределенности информации по расчетному грузообороту при проектировании линий / А. Е. Гибшман // Транспортное строительство. – 1979. – № 12. – С. 39-41.

15. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування. ДБН В.2.3-019-2008. – Київ : Мінрегіонбуд, 2008. – 142 с.
16. Демин Ю. В. Научно-техническое обеспечение устойчивого развития перевозок по направлениям «Восток-Запад» / Ю. В. Демин // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 2. – С. 14-17.
17. Директива о совместимости подвижного состава обычных железных дорог и техническая спецификация (ТСИ) к ней на ограничение уровней шума от железнодорожного транспорта: ЕК 2001/16 / Разработана Европейским парламентом и Советом ЕС и опубликована в официальном бюллетене европейских государств
18. Директива Ради 2008/57 Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 року. Про оперативну сумісність/інтероперабельність залізничних систем у межах Співтовариства // Official. – 2008. – № L 232.
19. Днепропетровский стрелочный завод. Специальный проект стрелочного перевода для стран дальнего зарубежья типа UIC-60 марки 1/11 проекта Дн 410 колея 1435. – Днепропетровск, 2000. – С. 30-31.
20. Дьомін Р. Ю. Впровадження AGCS-технологій – шлях до інтеграції залізниць України в європейську транспортну мережу / Р. Ю. Дьомін, Ю. В. Дьомін // Вагонний парк. – 2017. – № 5-6 (122-123). – С.20-23.
21. Демин Ю. В. Логистика на железнодорожном транспорте / Ю. В. Демин, Ю. В. Верещак // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2010. – № 5 (147). – Ч. 2. – С. 167-172.
22. Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення) / Ю. В. Дьомін. – Київ : Юнікон-Пресс, 2001. – 342 с.
23. Довідник основних показників роботи залізниць України (2006-2016 роки) / ПАТ «Укрзалізниця»; Управління статистики. – Київ, 2017. – 44 с.
24. ЕЭК ООН 2018 Инфокарты транспортной статистики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/wp6/_Infocards_RUS.pdf (дата звернення 28.09.18)
25. Железные дороги мира. Железные дороги Польши [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.1430mm.ru/railway-poland> (дата звернення 28.09.18)
26. Закон «Про залізничний транспорт» / прийнятий Верховною Радою України від 04.07.1996 № 273, зміни до Закону «Про залізничний транспорт», затверджені Верховною Радою України 05.07.2012 г. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua> (дата звернення 28.09.18)
27. Залізниця Польщі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ostarbeiter.vn.ua/pkr>. (дата звернення 28.09.18)
28. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269) / Е. І. Даниленко, А. М. Орловський, М. Б. Курган, В. О. Яковлев та ін. – Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.

29. Кірпа Г. М. Дослідження умов підвищення швидкостей руху поїздів на існуючих дільницях в залежності від параметрів траси і рухомого складу / Г. М. Кірпа, І. П. Корженевич, М. Б. Курган // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів, поїздів та нафтопроводів. Праці Зах. наук. Центру. – Львів, 2002. – № 9. – С. 63-67.
30. Кірпа Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему : монографія / Г. М. Кірпа. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.
31. Козаченко Д. М. Удосконалення технічних та технологічних параметрів прикордонних залізничних станцій з використанням методів імітаційного моделювання / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін // Матеріали міжнародної конф. «Науково-технічне забезпечення розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні». – Дніпро : ДНУЗТ, 2018. – С. 91-95.
32. Колісна пара з розсувними колесами / [С. В. Мямлін, В. О. Пшенько, М. Р. Романюха та ін.]. – №122182; Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявл. 07.07.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. № 24 ; пріоритет № u201707176. – 4 с.
33. Колісна пара із змінним положенням коліс / [В.О. Пшенько, М.Р. Романюха, С. М. Згребна та ін.]. – №126489; Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявл. 02.01.2018; опубл. 25.06.2018, Бюл. № 12 ; пріоритет № u201800049. – 4 с.
34. Кондратенко А. П. К вопросам повышения технико-экономической эффективности и эксплуатационной надежности проектных решений / А. П. Кондратенко // Тр. МИИТ. – 1978. – Вып. 614. – С. 5-19.
35. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки. Т. 1. – Київ, 2006. – 416 с.
36. Коротовский Н. М. Анализ отклонения фактических грузопотоков от проектных на эксплуатируемых железных дорогах / Н. М. Коротовский // Тр. УЭМИИТ. – 1979. – Вып. 60. – С. 81-90.
37. Костюк М. Д. Сучасна конструкція суміщеної рейкової колії 1520 та 1435 мм із залізобетонними шпалами та проміжним пружним рейковим скріпленням / М. Д. Костюк, В. В. Говоруха // Будівництво : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2002. – Вип.10. – С. 72-75.
38. Кузьменко А. І. Підвищення ефективності функціонування станцій стикування колій різної ширини за рахунок упровадження логістичних технологій / А. І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. Сер.: «Технічні науки». – 2013. – № 2 (50). – С. 102-110.
39. Курган Д. М. Моделювання накопичення деформацій залізничної колії на основі ентропії системи / Д. М. Курган // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2015. – № 4(58). – С. 99–109.

40. Курган Д. М. Основи математичного опису хвильової моделі розповсюдження напружень в залізничній колії / Д. М. Курган // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2016. – № 5(65). – С. 101–113.
41. Курган М. Наукові підходи до прогнозування пасажирських перевезень в Україні / М. Курган, Д. Курган // Вагонний парк. – 2017. – № 11-12 (128-129). – С. 51-55.
42. Курган М. Б. Вибір раціональних способів перетину кордону в міжнародному сполученні / М. Б. Курган, Д. М. Курган, В. Г. Кузнецов // Міжнародна науково-практ. конф. «Енергооптимальні технології, логістика та безпека на транспорті» (18.06.2018 – 19.06.2018), Львів. – С. 62-63.
43. Курган М. Б. Досвід експлуатації контейнерних поїздів у внутрішньому й міжнародному сполученні / М. Б. Курган // Українська залізниця. – 2016. – № 12(42). – С. 49-54.
44. Курган М. Б. Передумови щодо підвищення рівня інтероперабельності міжнародного залізничного напрямку Україна-Словаччина-Австрія / М. Б. Курган, О. Ф. Лужицький, Д. В. Гнатенко // 74-та Міжнародна науково-практична конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Дніпропетровськ, 2014. – С. 264-266.
45. Курган М. Б. Теоретичні основи впровадження високошвидкісного руху поїздів в Україні: монографія / М. Б. Курган, Д. М. Курган. – Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016. – 283 с.
46. Курган Н. Б. Повышение интероперабельности в международном железнодорожном сообщении Австрия – Словакия – Украина – Россия / Н. Б. Курган, Е. В. Возная // Українські залізниці. – 2014. – № 12 (18). – С. 24-33.
47. Лисовский М. И. Методология оценки эффективности инвестиционных проектов в Беларуси и её соответствие международным стандартам / М. И. Лисовский, А. С. Голикова, С. В. Чернорук // Фінансовий простір. – 2014. – № 4 (16). – С. 139-146.
48. Мартинов І. Параметри надійності роботи залізобетонних шпал у різних експлуатаційних умовах / І. Е. Мартинов, В. Г. Вітольберг, Д. О. Потапов // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2018. – № 175. – С. 47-57.
49. Матеріали міжнародної конференції «Науково-технічне забезпечення розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні» [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/10482> (дата звернення 28.09.18)
50. Международный железнодорожный транзитный тариф МТТ (с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2018 года. Тариф 8100. Официальное издание / Комитет ОСЖД. – Варшава. – 111 с.
51. Морчиладзе И. Г. Адаптация железнодорожных вагонов к международным перевозкам грузов : монография / И. Г. Морчиладзе. – Москва : ИБС Холдинг, 2009. – 534 с.

52. Мямлін С. В. Перспективи будівництва залізниці широкої колії Україна-Австрія [Електронний ресурс] / С. В. Мямлін, М. Б. Курган, Д. В. Ігнатенко, Г. Вайчунас // Матеріали Міжнар. наук. конф. (19.04-20.04.2018), Дніпро / ДНУЗТ. – 2018. – С. 48-51. Режим доступу: <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/10482> (дата звернення 28.09.18)
53. Мямлін С. В. Широка колія від України до Австрії / С. В. Мямлін, М. Б. Курган, Д. В. Гнатенко // 74-та Міжнародна науково-практична конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Дніпропетровськ, 2014. – С. 247-248.
54. Науково-технічне забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень в міжнародному сполученні «Україна-Євросоюз». Етап І «Удосконалення методології технічних і технологічних рішень вантажного вагонобудування для підвищення ефективності міжнародних перевезень», № держреєстрації 0114U002549. – Дніпро, 2017. – 131 с.
55. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено Кабінетом Міністрів України від 30.05.2018/ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/news/28581.html>] (дата звернення 28.09.18)
56. Обоснование рационального сочетания автомобильных и железнодорожных перевозок / Ю. В. Демин, Г. Н. Кирпа, И. П. Корженевич, Н. Б. Курган // Проективання, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. Праці Зах. наук. центру ТАУ. – Львів, 1997. – Т. 4. – С. 45-47.
57. Определение рациональной дальности контейнерных перевозок / Ю. В. Демин, Г. Н. Кирпа, И. П. Корженевич, Н. Б. Курган // Проективання, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. Праці Зах. наук. центру ТАУ. – Львів, 1997. – Т. 4 – С. 88-89.
58. Определение сферы эффективности контейнерных перевозок / Ю. В. Демин, Г. Н. Кирпа, И. П. Корженевич, Н. Б. Курган // Заліз. трансп. України. – 1998. – №1.
59. Официальный сайт Румынских ж.д. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.knowledgr.com/00190614/CaileFerateRomane> (дата звернення 28.09.18)
60. Памятка ОСЗ О+Р-516. Грузовые вагоны сообщения между железными дорогами колеи 1435 мм и железными дорогами колеи 1520 мм. Технические предписания и технические условия для допуска вагонов
61. Пам'ятка ОСЗ/УІС О+Р516 «Железнодорожный подвижной состав. Технические требования, предъявляемые к подвижному составу для международного сообщения между железными дорогами колеи 1435 мм и 1520 мм стран – членов ОСЖД. Вагоны грузовые. Изд-е II / V Комісія ОСЗ. 24.04.2015.
62. Передовая практика повышения эффективности международных железнодорожных перевозок на евразийском пространстве / Комитет ОСЖД. – Варшава, 2014. – 156 с.

63. Піх Б. П. Автоматизований перетин кордонів рухомим складом у міжнародному сполученні / Піх Б. П., Корженевич І. П., Курган М. Б. // *Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych. materialy i XV konferencji miedzynarodowej.* – Rzeszow, 2004. – pp. 267-276.
64. Піх Б. П. Використання рухомого складу з розсувними колісними парами на напрямку Київ–Львів–Мостиська П / Б. П. Піх, І. П. Корженевич, М. Б. Курган // *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна.* – Дніпропетровськ : Вид-во ДНУЗТ, 2004. – Вип.3. – С. 82-89.
65. Піх Б. П. Модернізація дільниць транспортних коридорів у межах Львівської залізниці / Б. П. Піх, І. П. Корженевич, М. Б. Курган // *Проектування, виробництво та експлуатація автотransпортних засобів, поїздів та нафтопроводів. Праці Зах. наук. Центру.* – Львів, 2001. – № 8. – С. 144-146.
66. Правдин Н. В. Прогнозирование пассажиропотоков (методика, расчеты, примеры) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – Москва : Транспорт, 1980. – 224 с.
67. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії : ЦП/0236: Затв. наказом Укрзалізниці від 14.12.2010 №778-Ц / М. Б. Курган, А. М. Орловський, О. М. Патласов, В. В. Циганенко, Д. М. Курган. – Київ, 2010. – 52 с.
68. Проведення динаміко-міцнісних випробувань колії на залізобетонних шпалах з пружним скріпленням типу КПП, рейками UIC60 та розробка рекомендацій по встановленню швидкостей руху поїздів по ній: Звіт про НДР/ДІТ. № ДР 0102U003579. – Дніпропетровськ, 2003. – 124 с.
69. Програма оновлення рухомого складу ПАТ „Укрзаліниця” на період до 2021 року (проект). – Київ, 2016. – 66 с.
70. Программа модернизации железных дорог Чехии // *Железные дороги мира.* – 2016. – №1. – С. 13–16.
71. Программа развития ООН. Руководство по планированию, мониторингу и оценке результатов развития [Електронний ресурс]. UNESCO, BSP/RBM/2008/1.REV.6 Paris, September 2015. 60 с. – Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0017/001775/177568E.pdf> (дата звернення 28.09.18)
72. Проект «Євроколія» : Зі Львова до Варшави за 4 години [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://tvomisto.tv/news/proekt_yevrokoliya_zi_lvova_do_varshavy_za_4_godynu_65695.html (дата звернення 28.09.18)
73. Проект TACIS TNREG 9301 - Исследования железнодорожного транспорта стран Беларусь, Молдова, Россия и Украина, 1996 г.
74. Прокудін Г. С. Інтеграція транспортної системи України у світову транспортну систему / Г. С. Прокудін, О. С. Дудник, О. А. Чупайленко // *Науковий вісн. Ужгород. нац. ун-ту.* – 2015. – Вип. 4. – С. 122-125.
75. Реализация проекта Rail Baltica // *Железные дороги мира.* – 2017. – № 10.

76. Регламент комісії (ЄС) № 1299/2014 від 18 листопада 2014 року щодо технічних умов експлуатаційної сумісності підсистеми «інфраструктура» у залізничній системі Європейського Союзу // Офіційний Журнал Європейського Союзу. – 2014. – 110 с.
77. Реконструкція коридору Белград-Будапешт // Железные дороги мира. – 2017. – №4.
78. Смехова Н. Г. Себестоимость железнодорожных перевозок : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Н. Г. Смехова, А. И. Купоров, Ю. Н. Кожевников. – Москва : Маршрут, 2003. – 494 с.
79. Справочник. Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД). По состоянию на 3 апреля 2018 г.
80. Терещук Г. Відкрито Бескидський тунель до країн ЄС. Фінансували банки Європи і Україна [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/29249234.html> (дата звернення 28.09.18)
81. Техніко-економічний розрахунок глобального проекту Rail Baltica Остаточний звіт : Rail Baltica Global Project Cost Benefit Analysis Final Report. - Ernst & Young. – 2017. – 293 с.
82. Технические требования к конструкции железобетонных шпал совмещенной колеи 1520 мм и 1435 мм. Р 755/5. / Комиссия ОСЖД. Варшава. – 2003.
83. Транспортна стратегія України на період до 2020 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 № 2174-р. – Київ, 2010. – 32 с.
84. ТСИ «Подвижной состав» - грузовые вагоны трансъевропейской обычной железнодорожной системы, созданы на основании директивы 2001/16/ЕС, изменены в соответствии с Директивой 2004/50/ЕС. Документ разработан Контактной Группой ОСЖД-ЕЖДА, 2016.
85. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011 (дата звернення 28.09.18)
86. Україна увійшла до європейської транспортної мережі TEN-T [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://economics.unian.ua/transport/2265061-ukrajina-priednalasya-do-evropeyskoji-transportnoji-mereji-ten-t.html> (дата звернення 28.09.18)
87. Феньфіл Л. Проблеми прикордонних переходів в міжнародних залізничних повідомленнях / Л. Феньфіл // Залізничі світу. – 2000. – № 5. – С. 13-16.
88. Чеські державні залізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cd.cz> (дата звернення 28.09.18)
89. Чупайленко О. А. Транспортно-логістичні кластери як механізм підвищення ефективності міжнародних транспортних перевезень / О. А. Чупайленко // Проблеми транспорту : зб. наук. пр. – Київ : НТУ, 2014. – Вип. 10. – С. 261–266.
90. Шатов В. А. Конструктивні рішення щодо спеціального рухомого складу з розсувними колісними парами [Електронний ресурс] / В. А. Шатов,

- Н. Г. Мурашова, Д. В. Порхун // Матеріали Міжнар. наук. конф. (19.04-20.04.2018). – Дніпро : ДНУЗТ, 2018. – С. 21-26. – Режим доступу: <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/10482> (дата звернення 28.09.18)
91. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь : учеб. пособие для вузов / Г. М. Шахунянц. – Москва : Транспорт, 1987. – 479 с.
 92. Юницкий А.Э. Транспортный комплекс SkyWay. 100 вопросов – 100 ответов [Электронный ресурс]. 2016. – 84 с. – Режим доступу: <https://drive.google.com/open?id=0B7mb1iEtksluNkszoEVyMnlxZWVs> (дата звернення 28.09.18)
 93. Яковлев Б. В. К вопросу об учете неточности исходной информации при сравнении вариантов / Б. В. Яковлев, И. П. Корженевич, Н. Б. Курган // Совершенствование методов обоснования надежности при проектировании железных дорог : межвузовский сб. науч. тр. – Москва : МИИТ, 1981. – Вып. 688. – С. 33-45.
 94. Căile Ferate Române – Available at: <http://ru.knowledgr.com/00190614/CaileFerateRomane> (Accessed 28.09.18)
 95. Commission regulation (EU) No 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the ‘infrastructure’ subsystem of the rail system in the European Union // Official Journal of the European Union. – L 356/1. – 109 p.
 96. Decision models in effectiveness evaluation of Europe-Asia transportation systems / M. Szkoda, A. Tulecki // The 8-th World Congress on Railway Research WCRR 2008 (Seul, Korea), Article number G.3.3.4.2.
 97. Fischer, S. Special laboratory testing method for evaluation particle breakage of railway ballast material / S. Fischer, A. Németh // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2018. – Vol. 2(74). – pp. 87-102.
 98. Fischer S. Traction energy consumption of electric locomotives and electric multiple units at speed restrictions / S. Fischer // Acta Technica Jaurinensis. – 2015. – Vol. 8(3). – pp. 240-256.
 99. Hawkins A. WARR Hyperloop pod hits 284 mph to win SpaceX competition. A hyperloop hat trick by the German team . The Verge (22 July 2018).
 100. Horvat F. Magistrale for Europe / F. Horvat, S. Fischer // KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉSI SZEMLE. – 2009. – Vol. 59(5). – pp. 33-37.
 101. Investigation of the some problems of running safety of rolling stock on the ukrainian railways / Rostyslav Domin, Iurii Domin, Ganna Cherniak, Anatolii Mostovych, Valeria Konstantidi, Petro Gryndei ; Domin Rail Sp. z o.o., Warsaw, Poland ; Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. Archives of Transport, 40(4). – pp. 15-27.
 102. Kurhan M. Forecasting of Passenger Traffic upon Implementation of High-Speed Running / M. Kurhan, D. Kurhan // Science and Transport Progress. Bulletin of

- Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2017. – Vol. 1(67). – pp. 117-130.
103. Kurhan M. The Effectiveness Evaluation of International Railway Transportation in the Direction of “Ukraine – European Union” / M. Kurhan, D. Kurhan // Transport Means. Proceedings of the 22nd International Scientific Conference. – 2018. – pp. 145-150.
 104. Kurhan M. Problems of providing international railway transport / M. Kurhan, D. Kurhan // MATEC Web Conf., 230 (2018) 01007.
 105. Nader Mirosław technological conditions of intermodal transshipment terminals in Poland / Mirosław Nader¹, Arkadiusz Kostrzewski, Mariusz Kostrzewski; Warsaw University of Technology. – pp. 73-88.
 106. Pittman, R. Reforming and restructuring Ukrzaliznytsia: a crucial task for Ukrainian reformers / R. Pittman // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2017. – Vol. 1 (67). – pp. 34-50.
 107. Rail Baltica. Available at: https://lt.wikipedia.org/wiki/Rail_Baltica (Accessed 28.09.18)
 108. Scientific and Technical Support Development Railway Transport in International Traffic – Available at: <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/10482> (Accessed 28.09.18).
 109. Simulation model of transport system of poland as a tool for developing sustainable transport / M. Jacyna, M. Wasiak, K. Lewczuk, M. Kłodawski // Archives of Transport, – Vol. 31(3). – pp. 23-35.
 110. Szkoda, M. Assessment of reliability, availability and maintainability of rail gauge change systems / Szkoda M. // Eksploatacja i Niezawodnosc. Maintenance and Reliability. – 2014. – Vol. 16 (3). – pp. 422–432.
 111. Szkopiński J. The certain approach to the assessment of interoperability of railway lines / J. Szkopiński // Archives of Transport – Vol. 29(1). – pp. 65-75.
 112. Tarapata Z. Modelling and analysis of transportation networks using complex networks: Poland case study / Z.Tarapata // The Archives of Transport. – 2015. – Vol. 36. – pp. 55-65.
 113. The complex phenomenological model for prediction of inhomogeneous deformations of railway ballast layer after tamping works / M. Sysyn, U. Gerber, V. Kovalchuk, O. Nabochenko // Archives of Transport. – 2018. – Vol. (3). – pp. 91-107.
 114. UIC O+P516, 2015. Documents of OSJD. Available at: http://osjd.org/dbmm/download?vp=51&load=y&col_id=2066&id=1742 [Accessed 28.09.18].