

ISSN 2222-419X (Print)
ISSN 2313-8688 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

ЗБІРНИК
наукових праць
Дніпровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА
ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

Засновано в 2011 році

Випуск 23

Дніпро
2022

УДК 626
ББК 39
Д 54

ЗАСНОВНИК:
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ВИДАВЕЦЬ:
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Затверджено до друку рішенням вченої ради Українським державним університетом науки і технологій від 04.07.2022 р., протокол № 8

Збірник наукових праць «Транспортні системи та технології перевезень», наказом Міністерства освіти і науки України №409 від 17.03.2020 р. внесено до Категорії Б «Переліку наукових фахових видань України».

Редакційна колегія:

головний редактор – доктор технічних наук *А. М. Афанасов*;
заступник головного редактора – кандидат технічних наук *М. І. Березовий*.
відповідальний секретар – кандидат технічних наук *Р. Г. Коробйова*.

Члени редакційної колегії:

доктори технічних наук *Т. В. Бутько, І. В. Жуковицький, Д. М. Козаченко, Д. В. Ломотько, Є. В. Нагорний, В. В. Скалозуб*, доктор фізико-математичних наук *В. І. Гаврилюк (Україна)*, доктор технічних наук *Маріанна Яцина (Польща)*.

Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпро: Вид-во Дніпров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2022. – Вип. 23. – 106 с.

ISSN 2222-419X (Print)

ISSN 2313-8688 (Online)

УДК 656
ББК 39

Д 54 В статтях висвітлені результати наукових досліджень, виконаних авторами в Українському державному університеті науки і технологій та інших організаціях у сфері формування та забезпечення ефективної роботи складових елементів транспортного комплексу, розвитку його матеріально-технічної бази, удосконалення технологій експлуатаційної, вантажної та комерційної роботи транспорту.

Збірник становить інтерес для співробітників науково-дослідних організацій, наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів, магістрантів, студентів вищих навчальних закладів, інженерно-технічних працівників установ, організацій та підприємств транспортної галузі.

UDK 626

Results of researches, which are made in Ukrainian State University of Science and Technologies and other organizations in the fields of formation and effective operation of the constituent elements of the transport sector, its material and technical base development, freight and commercial operation improvement are presented in the articles.

The collection is intended for the research organizations employees, research and educational personnel, as well as for the doctoral candidates, postgraduates and for the higher school students, engineering employees of organizations and enterprises of transport industry.

© Український державний університет
науки і технологій, 2022

ЗМІСТ

E. MANAFOV (Azerbaijan Technical University)

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES TO REDUCE THE
LOADING OF THE MARSHALLING YARD..... 5

С. В. ВОЙТКІВ

ОСНОВИ МОДУЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ
СПАЛЬНИХ ВАГОНІВ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ 11

О. В. ЛАВРУХІН, О. Ю. КУЛІШ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ КОНТЕЙНЕРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
СИСТЕМ RFID..... 25

І. В. НІКОЛАЄНКО, М. В. ХАРА, І. С. МАНИК

СТРАТЕГІЧНИЙ ПІДХІД ДО КЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ НА ТРАНСПОРТІ 29

А. М. ОКороков, Р. В. ВЕРНИГОРА, Ю. І. ОКорокова, О. О. ЧЕРНОВА

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ГУМАНІТАРНИХ ХАБІВ В УКРАЇНІ В
УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ..... 38

А. М. АФАНАСОВ, Д. І. ЛИНИК, С. В. АРПУЛЬ, Д. С. БІЛУХІН,

В. Є. ВАСИЛЬЄВ

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ З
БОРТОВИМИ НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ..... 46

А. О. ЛЯМЗІН, Є. О. УКРАЇНСЬКИЙ, Г. В. МАСЛАК, М. С. МНАЦАКАНЯН

СИНЕРГІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОСТОРУ ЯК ДЖЕРЕЛА РОЗВИТКУ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОВОЮ СКЛАДОВОЮ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН 52

Н. О. ЛУЖАНСЬКА, І. Г. ЛЕБІДЬ, Є. М. ЛЕБІДЬ, О. І. МЕЛЬНИЧЕНКО

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАЛОННОГО ВАНТАЖНОГО МИТНОГО КОМПЛЕКСУ З
УРАХУВАННЯМ ІНТЕРЕСІВ СУБ'ЄКТІВ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ ПРИ
ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 56

В. В. СКАЛОЗУБ, В. М. ГОРЯЧКІН, М. В. СКАЛОЗУБ, І. А. ТЕРЛЕЦЬКИЙ

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМУВАННЯ
ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ
ГЕТЕРОГЕННИМИ ОПЕРАТОРАМИ..... 65

О. І. ПАВЛЕНКО, І. П. ПАВЛЕНКО

РОЛЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ЕВАКУАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ В ПЕРІОД
ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ 74

Є. Б. ДЕМЧЕНКО, А. С. ДОРОШ, І. Я. СКОВРОН СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ НА РИНКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ.....	79
М. І. БЕРЕЗОВИЙ ОЦІНКА РИЗИКІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ПРКАХ ЗГІДНО ЄВРОПЕЙСЬКИХ ПІДХОДІВ	89
І. Я. СКОВРОН, Є. Б. ДЕМЧЕНКО, А. С. ДОРОШ, В. В. МАЛАШКІН ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З МЕТОЮ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	97

UDC 656.2

ELSHAN MANAFOV^{1*}

^{1*} Azerbaijan Technical University, Azerbaijan, Baku, H. Javid ave 25, AZ 1073, E-mail: elshan_manafov@mail.ru

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES TO REDUCE THE LOADING OF THE MARSHALLING YARD

Summary. The article is devoted to the development of an expert system for the output of recommendations with an increased workload of the Baladjar station. A significant increase in the private wagon fleet has changed the system of organizing the work of the Azerbaijan Railways, the technology of the stations and the duration of station operations have changed. Problems arising from the uneven reception of trains have become more frequent. Due to this process of operation, the station load is increasingly exceeding the optimal value. Sometimes, with increased loading, the wrong manager solution further complicates the operation of the station. In the article, to reduce the loading level of the station, it is proposed to use methods of structural technology. According to the loading rate of the station, an expert system for displaying recommendations has been developed to select the right solution.

Keywords: marshalling yard, workload, arrival yard, departure yard, tracks, expert system.

Introduction

In connection with the economic development of the republic in recent years, many enterprises have purchased private freight wagons. This led to a significant increase in the private wagon fleet of Azerbaijan Railways and changed the system of organizing their work. The technology of work of stations and the duration of station operations have changed, the number of low-tonnage cargos has increased, a need occurred to send prefabricated group cargo to a large number of senders, and so on. All this significantly increased the volume of shunting operations, as well as the duration of ineffective downtime of freight wagons (waiting time for processing and loading-unloading operations) at the stations. To eliminate these shortcomings, the organization of train traffic carried out according to the "firm schedule" (hard train lines of the train timetable). However, in many railway sections, the filling level of the "hard schedule" is 50%, which increases the duration of inefficient downtime of locomotives and reduces their productivity.

An increase in the duration of ineffective downtime and the volume of shunting operations, as well as a decrease in the productivity of locomotives, affect the uneven flow of trains to technical stations. Uneven reception of trains during freight traffic affects not only the quality of service for cargo owners, but also the efficiency and reliability of the station. Inequalities in the train reception interval lead to inefficient downtime between receiving, handling, sending, feeding to loading and unloading sites, etc., as well as uneven loading of shunting diesel locomotives, an increase in the reserve of pro-

duction powers (throughput and processing capacity) and the need to attract additional personnel. All these negative factors reduce the power of stations. The power of stations can be increased by reconstructing the station tracks (construction of new roads, switches, etc.). However, the reconstruction method requires a large capital cost [1, 2, 3].

Problem statement

The problems arising from the uneven reception of trains are organizational in nature and related to the technology of the stations. One of the solutions to these problems is "elastic (structural) technology". Structural technologies are a set of technological techniques that allow you to control the properties of the structure of the station. Using these methods, it is possible to bring the structural properties of the station closer to the optimum in any mode of operation. Studies have shown that the introduction of "elastic technologies" in practice can increase the capacity of stations only in the short term. Since, a long-term increase in power with these methods then leads to a decrease in power. For this reason, such methods not often used in practice. For greater efficiency in this direction, it is more advisable to use the method of structural technologies together with the gradual optimization of the track development of the station. It is proposed to carry out such optimization in four directions: parametric, functional, structural and systemic.

The feasibility of implementing all four directions is determined by the effectiveness of each of them. Actions in each direction are implemented sequentially. To increase the efficiency of the applica-

tion considered optimization directions, it is necessary to use an additional method – the method of structural technologies. Experiments have shown that it is more expedient to apply this method together with parametric and functional directions of optimization [1, 4, 5].

Methods of changing the technology of work to reduce the load of the station

The regulation of the station is based on a change in the distribution of power between the elements by changing the technology of work. Changing the power distribution of elements carried out in two available technological ways: account of the transfer of throughput or track capacity.

The capacity of station tracks can be adjusted by changing the specialization of the tracks. This method is carried out by receiving and processing trains on tracks intended for other operations (cargo, wagons, destinations, etc.). A feature of the method is a gradual change in the specialization of tracks with the subsequent restoration of the existing station technology. The limitation of this method is the lack of free tracks for receiving trains. At large technical stations, if necessary, they change the specialization of yards to regulate train capacity. For example, depending on the situation, receiving trains to the departure yard, putting up trains ready to send to the arrival yard, etc.

During the operation of the station, there are cases when the load of the station exceeds the optimal value. Since such cases are non-standard, the methods of solving them are not specified in the instructions, the process of the station and other regulatory documents of the station. To overcome non-standard situations, it is necessary to standardize these types of cases. It is possible to classify situations that occur at stations by the amount of bandwidth utilization:

1. Station operation at low load (to 50 %);
2. Station operation at average load (51-75 %);
3. Station operation at full load (76-100 %).

The first case is standard. In this case, the station operates as usual; the dispatcher in accordance with regulatory documents and instructions performs all operations. No further action is required. Case 2 is considered partially non-standard, making the work of the station more difficult. In this case, some additional measures are required. In the third situation, the station utilization reaches its maximum value. In this case, in order to bring the station to its normal state, it is necessary to make optimization decisions based on structural technologies [6, 7].

In this case, in order to reduce the load level of the station, it is recommended to implement the following solutions:

a) Transfer mobile equipment (shunting locomotives, loading and unloading mechanisms, etc.) from one section of the station to another. By increasing the number of such vehicles, several operations of the transportation process can be performed simultaneously. This allows increasing the throughput and processing capacity of this section of the station;

b) Regulation of the distribution of teams and individual workers between work areas ("flexible use of staff"). When loading a specific section of the station, the problem can be eliminated by sending one of the work teams to the area. Also with constant inefficient downtime of freight wagons for technical and commercial inspections in parks, it is more expedient to create an additional mobile team. This measure will reduce inefficient downtime of trains waiting to be processed.

c) Changing the specialization of arrival and departure tracks. To increase the capacity of the station, it is possible to accept trains on free departure tracks or put ready-made trains on the tracks for arrival.

d) The possibility of occupying lead tracks and tracks for the movement of single locomotives. When arrival and departure tracks are busy, trains are allowed to be accepted to lead tracks and tracks for the movement of single locomotives. In some cases, stretch tracks (at dead-end stations), connecting tracks (on non-public tracks, tracks between the station and facilities, between park tracks, etc.) can be used to park trains waiting for processing.

If the above solutions cannot reduce the load on the station, it is necessary to go to the following solutions:

e) Use of free ends of tracks. To maximize the use of station capacity, it is possible to divide the received trains into several groups and place them at the free ends of the tracks. This method will free up the track for the next train. However, to separate the train, additional shunting work will be required.

f) Changing the specialization of yards. If the configuration of the station and the location of the yards allow, then it is possible to reduce the load on the station by changing the specialization of arrival and departure yards. For example, the number of wagons accepted at the station at the same time can be increased by combining two yards (arrival and departure) and using them as one arrival-departure yard. It is also possible to receive trains in the departure yard or place trains ready for departure in the arrival yard.

g) Use of station loading and unloading tracks. If the station receives a large number of freight wagons from all directions and all arrival and departure tracks are busy, it is possible to place trains in the loading and unloading tracks. Thanks to this method, the processing capacity of the station can be increased.

The implementation of the above measures will increase the throughput and processing capacity of the station. The station will return to normal. The dispatcher will then continue to operate the station in accordance with the instructions.

If, after the implementation of all the above measures, the load of the station continues to increase and reaches its maximum value, then at the next stage the use of structural technology is not considered appropriate. In such cases, it is necessary to reduce the number of trains arriving at the station. To do this, the station dispatcher informs the dispatcher serving the railway section about this, which in turn temporarily stops approaching trains at neighboring stations. Moreover, the higher authorities are informed about the artificial delay of trains on the railway network.

Thus, non-standard situations arising during the operation of a dispatcher can be solved by applying the methods of structural technology and brought to a standard situation.

In order to properly select one of the above measures by the dispatcher and their practical solutions, an expert system should be developed. With the help of this system, according to the degree of loading of the station, you can select the desired situation and make decisions for implementation.

In non-standard cases, the use of an expert system will allow the dispatcher to reduce the time for making management decisions, increase the performance of the station and increase throughput. In the

first step, initial data is entered into the system. The initial data include the occupancy rate of individual tracks or yards, the number of shunting locomotives, loading and unloading machines and mechanisms, as well as the number of technical and commercial inspection teams, etc. At the second stage, based on preliminary data on suitable trains, the loading speed of the station is estimated. In order to optimize the operation of the station, the congestion of tracks and yards is analyzed separately to determine a set of solutions. The third stage is the decision-making process. If the station load is equal to or less than 75%, the station operation in normal mode and no additional measures are required. In this case, the work is regulated by the standard solutions of the dispatcher. If the station load is more than 75%, then the expert system gives recommendations for reducing the station load [8, 9].

Application of an expert system to derive correct solutions

In this work, the block diagram (Fig. 1) was implemented during the development of the expert system for the conclusions of recommendations using the example of the Baladjar marshalling yard. Baladjar is the main marshalling yard of Azerbaijan Railways and plays a key role in organizing train flows to the three main directions of the country. The station has 3 yards (arrival, classification, departure) located parallel to each other. In the arrival yard 9, the departure yard 12, the classification 31 tracks. Loading and unloading operations are carried out in the freight yard of the station. The station serves 5 shunting locomotives. Four teams carry out technical and commercial inspections. The developed expert system will make it possible to make the right decision in non-standard cases.

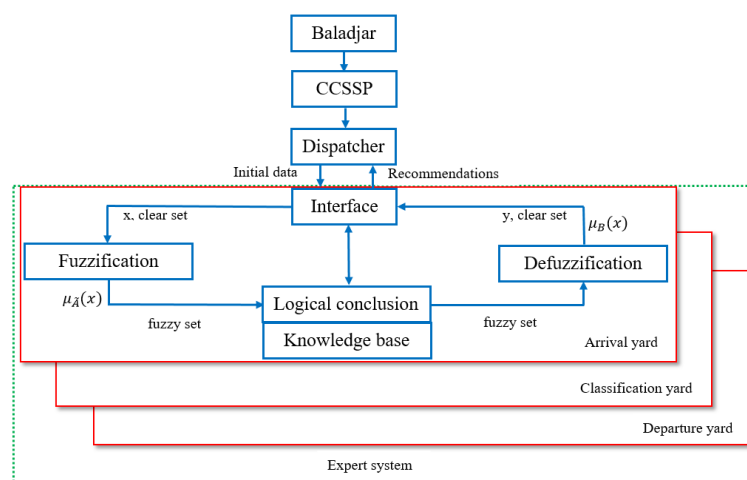


Fig. 1. Block diagram of the expert system of the Baladjar

Expert system model on based on fuzzy logic, it is a set of production rules written in the natural language of qualitative concepts of specialists. Fuzzy expert systems allow not only taking into account uncertainty, but also providing the opportunity to model reasoning based on the experience of specialists. The central control system of the station parameters (CCSSP) reads the data and provides this data to the dispatcher. Then the dispatcher enters the obtained data into the expert system and starts the processing mechanism. Fuzzification is the transformation of a clear set of input data into a fuzzy set, determined using the values of the membership functions. The purpose of the fuzzification step is to establish a correspondence between the specific numerical value of the individual input variable of the system and the value of the membership function of the corresponding term. Input $\{x_1, x_2 \dots x_n\}$ where n - is the number of parameters, are values obtained from the central control system. Then happens linguistic evaluation of each parameter according to the set in the system membership functions. For example, for input variables when loading the receiving fleet, we can take: the level of track occupancy (low - 0...50 %, medium - 40...75 %, high - 70...100 %), train arrival intensity (low - 0...2 trains per hour, medium - 2...4 trains per hour, high - 4...10 trains per hour), the number of processing teams (below the norm - 0...1, normal - 1...2, above the norm - 2...4), number of shunting locomotives (below the norm - 0...1, normal - 1...2, above the norm - 2...4). After that, the clear set of input parameters turns into a fuzzy set \tilde{A} and is used as linguistic variables in the logical rules of the knowledge base. The knowledge base contains production rules that have left- and right-hand parts:

IF $X_1=A_{11}$ AND $X_2=A_{12}$ AND...AND $X_n=A_{1n}$ THEN $Y_1=B_{11}$ OR $Y_2=B_{12}$ OR...OR $Y_n=B_{1n}$

IF $X_1=A_{n1}$ AND $X_2=A_{n2}$ AND...AND $X_n=A_{nn}$ THEN $Y_1=B_{n1}$ OR $Y_2=B_{n2}$ OR...OR $Y_n=B_{nn}$

The number of rules for the receiving park with the above input variables is 81. Defuzzification is the inverse transformation of a fuzzy set into a clear set B. Thus, the system values are the probabilities of conclusions of the recommendations $\{y_1, y_2 \dots y_n\} \in Y$, where j - is the number of recommendations.

A fuzzy set represents a dependence of a $\mu(x) = \mu_{\tilde{A} \rightarrow B}(y)$ as a function from the output variable y . Thus, the conclusions of the recommendations are identified with a probability assessment. Such a logical output system is called Mamdani-Zade system. The choice of an odd model of the Mamdani type is due to the fact that that the rules of the knowledge

base are transparent and intuitive, then as for Sugeno models, it is not always clear what linear dependencies "inputs - output "must be used and how to obtain them [10-12].

Causal relationships between parameter values and with non-standard situations are formalized in the form of a set of fuzzy logical rules. Format the base inference rule "if - then" is called fuzzy implication. For example, fragments when loading the receiving park look like this. Input data display:

OCCUPANCY RATE OF TRACKS (%) = 60
 TRAIN ARRIVAL INTENSITY = 6 TRAINS PER HOUR
 NUMBER OF SHUNTING LOCOMOTIVES = 2
 THE NUMBER OF PROCESSING TEAMS= 2

Fuzzification (Selecting the appropriate membership function term for each input variable):

OCCUPANCY RATE OF TRACKS (%) = HIGH
 TRAIN ARRIVAL INTENSITY = HIGH
 NUMBER OF SHUNTING LOCOMOTIVES = NORMAL
 THE NUMBER OF PROCESSING TEAMS = NORMAL

Defuzzification and derivation of solutions:

THE NUMBER OF TRACKS FOR TRAIN ACCEPTANCE IS LOW (NTTAL) - RELIABILITY 100%

.....
 IF NTTAL = LOW
 DISPLAY ("RECOMMENDATION: CHANGE THE SPECIALIZATION OF DEPARTURE TRACKS")
 SO_THAT, "THERE ARE FREE TRACKS IN THE DEPARTURE YARD"

.....
 IF NTTAL = LOW AND THERE ARE NO FREE TRACKS IN THE DEPARTURE PARK
 DISPLAY ("RECOMMENDATION: TAKE A TRAIN TO THE TRACK FOR MOVEMENT OF SINGLE LOCOMOTIVES ")
 SO_THAT, "TRACK FOR SINGLE LOCOMOTIVES ARE FREE"

.....
 IF NTTAL = LOW AND THERE ARE NO FREE TRACKS IN THE DEPARTURE PARK AND TRACK FOR SINGLE LOCOMOTIVES ARE NOT FREE
 DISPLAY ("RECOMMENDATION: PUT THE TRAIN ON THE LEAD TRACK")
 SO_THAT, "LEAD TRACK IS FREE"

.....
 IF NTTAL = LOW AND THERE ARE NO FREE TRACKS IN THE DEPARTURE PARK AND TRACK FOR SINGLE LOCOMOTIVES ARE NOT FREE AND LEAD TRACK IS NOT FREE

DISPLAY ("RECOMMENDATION: REMOVE THE PROCESSING TEAM FROM LESS LOADED YARD OR TEMPORARILY FORM AN ADDITIONAL")
 SO_THAT, "TRAINS A WAIT PROCESSING"

The introduction of this system at the Baladjar station yielded positive results. On fig. 2. a fragment of one of the graphs for reducing workload when using the system is given. As can be seen from the graph, in the period 22:00 – 03:00, with the help of the recommendations of the expert system, the workload of the receiving fleet decreased significantly (before 22:00 and after 03:00, the recommendations of the expert system coincided with the decision of the dispatcher).

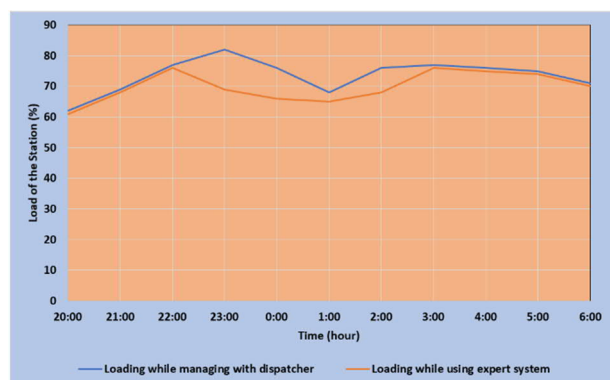


Fig. 2. Graph of changes in workload when using the expert system

Conclusions

In terms of practical importance, the developed system will cope with the increase in workload, increase performance and to some extent increase the capacity of the station (Fig. 2). Translate non-standard situations arising in the operation of the station into standard ones by implementing structural technology methods. The use of an expert system will make it possible to make the right decision, which will allow the dispatcher to reduce the time for making management decisions. It is also possible at an early stage to estimate the increasing probability of station loading when the input parameters change in real time.

From the point of view of scientific significance, the advantages of an expert system based on fuzzy logic are as follows:

- Maintaining the development of a quick prototype of an expert system with subsequent complexity of functionality;
- Fuzzy logical model is more user-friendly than similar mathematical model based on differential equations;

- The fuzzy set method allows you to include qualitative variables in the analysis, operate on fuzzy inputs and linguistic criteria;
- Fuzzy models are easier to implement than classic control algorithms.

REFERENCES

1. Козаченко, Д. Н. & Горбова, А. В. Определение расчетных объемов работы железнодорожных станций в условиях изменения структуры вагонопотоков. *Сборник научных трудов Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. Вып. 10. 2015 с. 50-56 [In Russian: Kozachenko, D.N. & Gorbova, A.V. 2015. Determination of calculated volumes of work for railway stations in the condition of cars flow changing, *Collection of scientific papers of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*.]
2. Dong, Li. Research on the passing capacity of Heavy Haul Railway Technical Station [D]. 2015. Southwest Jiao Tong University
3. Jaehn, F. & Rieder, J. & Wiehl, A. Minimizing delays in a shunting yard. *OR Spectrum*. 2015. Vol. 37(2), P. 407–429
4. Guo, R. & Guo, J. & Xie, G. Optimizing model of a railroad yard's operations plan based on production scheduling theory. *Transactions on The Built Environment*. 2016. No. 162. P. 1743–3509.
5. Gestrelus, S. & Dahms, F. & Bohlin, M. Optimisation of simultaneous train formation and car sorting at marshalling yards. In: *5th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis Rail Copenhagen*. 2013.
6. Gestrelus, S. & Aronsson, M. & Joborn, M. & Bohlin, M. Towards a comprehensive model for track allocation and roll-time scheduling at marshalling yards. In: *RailLille 2017 — 7th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis*. P. 1153-1172
7. Boysen, N. & Fliedner, M. & Jaehn, F. & Pesch, E. "Shunting yard operations: Theoretical aspects and applications." *European Journal of Operational Research*. 2012. 220 (1). P. 1–14.
8. Лаврухин, А. В. Формирование интеллектуальной модели функционирования железнодорожной станции при выполнении поездной работы. *Наука и прогресс транспорта, Днепропетровский Национальный Университет железнодорожного транспорта*. 2015. No. 1(55). P. 43-53. [In Russian: Lavrukhin A. V. Formation of an intelligent model of the functioning of the railway stations when performing train work. *Science and progress of transport, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport*]
9. He, S. & Song, R. & Chaudhry, S. Fuzzy dispatching model and genetic algorithms for railyards operations. *European Journal of Operational Research*. 2000. No. 124(2). P. 307–331.

10. Jackson P. *Introduction to expert systems*. England, Harlow: Addison - Wesley, 1998. 526 p.

11. Manafov E. K. The use of a fuzzy expert system to increase reliability of diagnostics of axle boxes of rolling stocks. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2020. Vol. 107. P. 95-106. Available at: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.107.7>.

12. Штовба С.Д. 2007. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Москва: Горячая линия-Телеком. [In Russian: Shtovba S.D. 2007. Designing fuzzy systems with MATLAB. Moscow: Hotline-Telecom. ISBN 5-93517-359-X].

Received 12.05.2022

Accepted 19.05.2022

Е. МАНАФОВ

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Анотація. Стаття присвячена розробці експертної системи для отримання рекомендацій для станції Ба-ладжар з підвищеним навантаженням. Значне збільшення приватного вагонного парку викликало зміни у системі організації роботи Азербайджанських залізниць, технології роботи станцій і тривалості станційних операцій. Почастішали проблеми, пов'язані з нерівномірним прийомом поїздів. Через такий процес роботи навантаження станції все більше перевищує допустиме значення. Також, в умовах підвищеного навантаження, неправильно прийняті диспетчером рішення ще більше ускладнюють роботу станції. Для зниження рівня завантаження станції у статті запропоновано використовувати методи конструкційної технології. Відповідно до швидкості завантаження станції розроблена експертна система відображення рекомендацій для вибору правильного рішення.

Ключові слова: сортувальна станція, навантаження, парк прибуття, парк відправлення, колії, експертна система.

УДК 625.141.1:656.212.5

С. В. ВОЙТКІВ^{1*}

^{1*} ТзОВ «Науково-технічний центр «Автополіпром», вул. Зубрівська, 32/24, Львів, Україна, 79066, тел. +38 (067) 447 04 90, ел. пошта voytkivsv@ukr.net, ORCID 0000-0002-7789-2081

ОСНОВИ МОДУЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ СПАЛЬНИХ ВАГОНІВ НОВОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Мета. Метою роботи являється дослідження напрямків створення перспективних конкурентоспроможних пасажирських спальних вагонів на основі застосування принципів модульного проектування технічних виробів. **Методика.** Дослідження виконано на основі аналізу літературних джерел, формування системи модулів вагонів та розроблення на їх базі можливих варіантів систем модульного проектування пасажирських спальних вагонів та оцінки перспективності їх застосування на основі математичного аналізу степені уніфікації конструкцій вагонів різного призначення. **Результати.** У процесі виконання досліджень встановлено, що проектування перспективних пасажирських спальних вагонів нової генерації повинно базуватися на засадах суттєвого покращення якості та підвищення комфортабельності перевезень пасажирів на основі застосування нових компоувальних схем та відповідних принципів модульного проектування. Базовий геометричний модуль пасажирських вагонів будь-якого функціонального призначення передбачає збільшення ширини його кузова 3,4 м. Системи модульного проектування пасажирських спальних вагонів у кількох варіантах, розроблені на основі пропонуваніх нових компоувальних схем, які передбачають застосування двох бокових або лише одного тамбура, розміщеного в одному із кінців вагонів або у середній частині їх кузовів. Пропонувані компоувальні схеми передбачають також збільшення ширини поздовжніх проходів по пасажирських приміщеннях, обладнання вагонів різною кількістю санітарних приміщень у залежності від типу вагонів за призначенням, рівноцінні за розмірними параметрами спальні місця у плацкартних або купейних вагонах відповідного класу. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає у тому, що вперше, на основі вибраних концепцій сформована система модулів для проектування пасажирських вагонів різного функціонального призначення, наведені їх визначення та проведена оцінка перспективності застосування пропонуваніх систем модульного проектування пасажирських вагонів. **Практична значимість.** Розроблені системи модульного проектування перспективних пасажирських спальних плацкартних та купейних вагонів нової генерації забезпечують суттєве підвищення рівнів їх комфортабельності, покращення якості та безпечності перевезень пасажирів, а також значне зменшення термінів та обсягів фінансування робіт зі створення вагонів різних класів і різного призначення та їх технічного обслуговування і ремонтів у процесі експлуатації.

Ключові слова: модульне проектування, модуль у вагонобудуванні, пасажирський спальний вагон, рівень комфортабельності вагона.

Вступ

Пасажирський залізничний транспорт по праву займає в українській транспортній системі чільне місце, оскільки забезпечує понад 50 % загального обсягу перевезень пасажирів усіма сферами громадського транспорту. Для перевезень пасажирів на нинішній час застосовуються, зокрема, спальні плацкартні та купейні вагони, рівень комфортабельності більшості з яких не відповідає наявним сучасним вимогам. Тим паче, що близько 80 % наявного парку вагонів майже повністю зношені і потребують заміни.

Саме тому, одним із основних завдань вітчизняного пасажирського вагонобудування являється створення і освоєння дрібносерійного виробництва нових перспективних і, що дуже важливо, конкурентоспроможних спальних плацкартних та купейних вагонів суттєво вищого рівня

комфортабельності, тобто вагонів нової генерації. В основу їх створення повинні бути покладені відповідні модульні принципи уніфікації їх конструкцій та системи проектування вищого рівня відносно тих систем, які застосовуються на даному етапі розвитку вітчизняного вагонобудування.

Мета дослідження

Метою дослідження являється розроблення, аналіз та вибір оптимальних напрямків створення перспективних конкурентоспроможних на внутрішньому і зовнішніх ринках збуту спальних плацкартних і купейних вагонів на основі застосування принципів уніфікації та систем модульного проектування вищого рівня для суттєвого підвищення якості та комфортабельності перевезень пасажирів сучасним залізничним транспортом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Модульне проектування на нинішній час широко застосовується практично в усіх галузях промисловості та у різних сферах суспільного життя.

Модульне проектування в машинобудуванні – це процес проектування об'єктів та технологічних процесів їх виробництва на основі застосування модульних принципів.

Модульні принципи полягають у побудові різних технічних систем з різноманітними характеристиками шляхом компонування їх з типових модулів обмеженої номенклатури [1].

Отже, основою модульного проектування будь-яких виробів являються модулі. В теорії модульного проектування технічних виробів розрізняють дві категорії модулів [2]:

- модуль-міра (проектний модуль);
- модуль-виріб (фізичний модуль).

Проектний модуль характеризується відповідними мірами – довжиною (або шириною чи висотою), площею або об'ємом. Відповідно, проектні модулі поділяються на лінійні, площинні та об'ємні. Проектний лінійний модуль характеризує розмірний параметр в одному напрямку. Проектний площинний модуль характеризує площу певної форми певних габаритних розмірів. Проектний об'ємний модуль характеризує об'єм фіксованої форми відповідних габаритних розмірів.

Фізичний модуль – технологічно завершена типова або стандартна складальна одиниця, яка входить до складу двох і більше складніших складальних одиниць (систем), яка виготовляється за притаманною їй технічною документацією, повністю зібрана, функціонально перевірена і готова до монтування. Фізичний модуль характеризується конструктивною і технологічною завершеністю, яка не вимагає проведення додаткових робіт з технічної підготовки для його застосування, і володіє строго фіксованими параметрами. Фізичні модулі поділяються на дві підгрупи – модулі конструктивні та модулі функціональні.

Конструктивний модуль – частина конструкції виробу, яка характеризується сукупністю відповідних деталей та складальних одиниць. Конструктивний модуль являє собою завершену частину конструкції виробу, у якості якої можуть виступати як окремі деталі, так і складальні одиниці.

Функціональний модуль – це частина виробу, за допомогою якої реалізується та чи інша функція виробу як об'єкта експлуатації.

Функціональні модулі, у свою чергу, теж поділяються на дві підгрупи – модулі технологічні та модулі обслуговуючі. Функціональний технологічний модуль трактується як модуль, за допомогою якого, виріб, як об'єкт експлуатації, виконує своє службове призначення. Модулі функціональні обслуговуючі необхідні для забезпечення можливості виконання відповідних функцій функціональним технологічним модулем.

Отже, службове призначення конструктивного модуля, на відміну від функціонального технологічного модуля, не пов'язане безпосередньо з виконанням об'єкта експлуатації його службових функцій.

На основі застосування модулів різних категорій можуть формуватися різні системи модульного проектування виробів. Система модульного проектування виробів – це штучно створена сукупність модулів різних категорій, з яких можливе проектування (складання) системи з двох і більше складних виробів, експлуатаційні властивості яких не зводяться до властивостей окремих їх модулів.

Виробам кожної галузі виробництва або їх конкретних сфер властиві власні системи їх модульного проектування на основі сукупності модулів, характерних для конкретних систем виробів.

Наприклад, системи модульного проектування і сукупність категорій та специфічних типів модулів у галузі суднобудування розглядаються у роботі [3]. У цих системах застосовуються такі типи конструктивних модулів як модуль-панель, модуль-секція та модуль-блок. А функціональні модулі поділені на два умовні типи – малі та великі.

Розгляду систем модульного проектування верстатів з ЧПУ присвячена робота [4]. У ній, зокрема, наведена класифікація рівнів цих систем за такою класифікаційною ознакою як характеристики уніфікованих модулів-вузлів. За цими характеристиками якість модульної системи верстатів характеризується пристосованістю системи до виконання різних виробничих завдань. За наведеною ознакою системи модульного проектування верстатів з ЧПУ поділяються на чотири рівні.

Основи проектування модульних магістральних автопоїздів розглянуті у роботі [5], у якій стосовно вантажного автомобілебудування запропонована відповідна сукупність модулів, сформовані до них основні вимоги та наведена класифікація систем модульного проектування автомобілів, яка передбачає три рівні –

мікромодульність, модульність середнього рівня та макромодульність.

Зародження та етапи становлення модульного виробництва і перспективи його розвитку розглянуті у роботі [6], у якій, зокрема, зазначено, що модульне проектування об'єктів виробництва не вирішує величезної кількості постійно виникаючих виробничих завдань.

Застосування принципів модульності у процесі проектування сучасних автономних локомотивів розглянуто у роботі [7].

Модульні конструкції залізничного рухомого складу і комплексні рішення японської компанії «Hitachi, Ltd.» по інтеграції сучасних технологій у сфері проектування та виробництва пасажирських вагонів, систем сигналізації та управління рухом, а також у сфері їх експлуатації та технічного обслуговування розглянуті у роботі [8].

Принципам проектування пасажирських вагонів за умов забезпечення сучасних вимог до їх екологічної безпеки та підвищення комфортабельності присвячені робота [9] та збірник праць [10].

Переваги створення потягів на основі проектування пасажирських вагонів збільшеної ширини до допустимої за нормативними документами проаналізовані у роботі [11].

Специфічні проблеми проектування вагонів для пасажирів з обмеженою рухливістю наведені у роботі [12], а вагонів, обладнаних модулем-секцією для зберігання вантажів пасажирів у дослідженні [13].

Принципам формування нетрадиційного планування пасажирських салонів та створення нових інтер'єрів для перспективних вагонів модульної концепції присвячена робота [14].

Основний матеріал дослідження

Системи проектування пасажирських вагонів. У сфері пасажирського вагонобудування різними виробниками створено десятки систем модульного проектування потягів на основі застосовуються пасажирських вагонів, принципова відмінність яких полягає у тому, що у їх ходових частинах застосовуються різні компоновальні схеми:

– схема (2-2), при якій кожний кінець вагона спирається на двохвісний візок (рис. 1, а);

– схема (0-1), при якій вагон одним кінцем спирається лише на один одновісний візок, а другим кінцем – на такий же одновісний візок, які являються спільними для зчленованих з ним вагонів (рис. 1, б);

– схема (0-1/2), при якій вагон одним кінцем спирається лише на половину двохвісного візка, а іншим кінцем – на половину такого ж двохвісного візка зчленованого з ним вагона (рис. 1, в);

– схема (0-2), при якій вагон одним кінцем спирається на суто його двохвісний візок, а іншим кінцем – на половину двохвісного візка зчленованого з ним вагона (рис. 1, г).

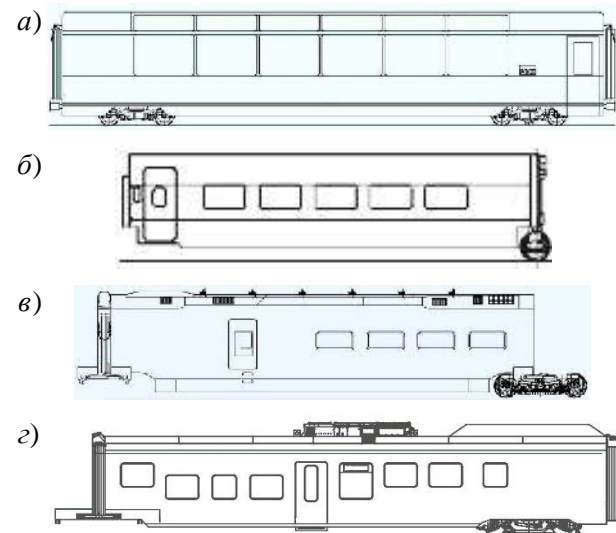


Рис. 1. Компоновальні схеми ходових частин пасажирських вагонів:

а – схема (2-2); б – схема (0-1) фірми «Talго»; в – схема (0-1/2); г – схема (0-2)

Компоновальна схема ходової частини вагонів (2-2) застосовується більшістю сучасних підприємств з проектування і виробництва пасажирських вагонів. Основні її переваги – більша простота конструкцій вагонів та можливість формування потягів локомотивної тяги. По цій схемі спроектовані і серійно виготовляються, зокрема, вагони усіх типів та потяги виробництва ПАТ «Крюківський вагоноремонтний завод» (рис. 2).

Компоновальна схема (0-1) розроблена, запатентована і використовується для проектування вагонів і потягів виключно іспанською компанією «Patentes Talgo, SAU» [15]. Конструкція вагонів цієї схеми суттєво складніша, а їх довжина практично вдвічі менша у порівнянні з вагонами, спроектованими за схемою (2-2). Окрім того, ці вагони придатні тільки для виробництва зчленованих потягів постійного формування.

Проектування вагонів за схемами (0-1/2) та (0-2) практикують, зокрема, французька компанія «Alstom» [16] та швейцарська фірма «Stadler Rail AG» [17]. Вагонам, створеним за цими схемами, притаманні складність конструкції та дещо менша довжина вагонів. Але застосування

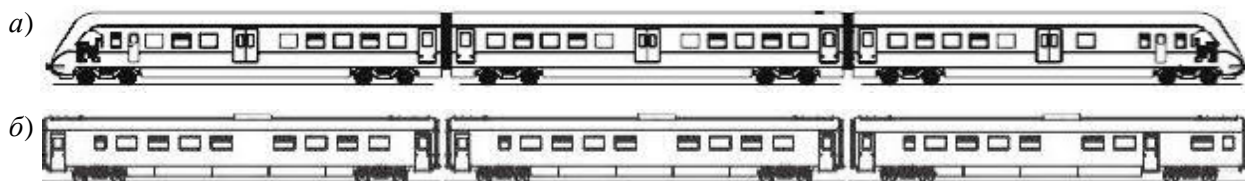


Рис. 2. Пасажи́рські по́тяги та ваго́ни, створе́ні по схемі їх ходових частин (2-2):
a – дизель-по́тяг ДПКр-2 виробництва ПАТ «КрВЗ» [18]; *б* – ваго́ни по́тягу локомотивної тяги



Рис. 3. Пасажи́рський по́тяг з ваго́нами, створе́ними по схемі (0-1) фірми «Patentes Talgo, SAU»

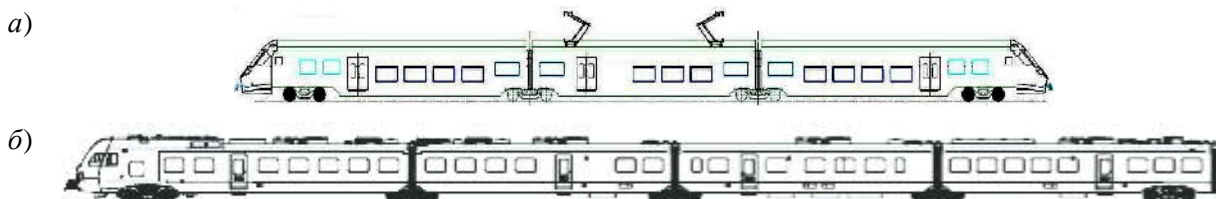


Рис. 4. Пасажи́рські по́тяги з ваго́нами, спрое́ктованими по схемах ходових частин:
a – схема (0-1/2), по́тяг ко́мпанії «Alstom»; *б* – схе́ми (0-1/2) та (1-2), по́тяг ко́мпанії «Stadler Rail AG»

двох вагонів зі схемою ходової частини (0-2) забезпечує роз'єднання по́тяга на два для подальшого прямування з відповідної станції до двох різних кінцевих пунктів (рис. 4).

Хоча конструкції функціональних модулів цих систем доволі суттєво різняться, їх сукупність практично однакова. До неї входять тягові модулі (локомотиви або моторні вагони) та вагонні модулі різних функціональних призначень (загальний вагон, плацкартний вагон, купейний вагон, вагон-ресторан тощо).

Рівні модульності пасажи́рських вагонів.

Рівень модульності пасажи́рських вагонів визначається, перш за все, сукупністю, типами та конструкціями модулів, з яких вони складаються. За наведеними ознаками пропонується розрізняти модульність у конструкціях пасажи́рських вагонів, спрое́ктованих за схемою їх ходової частини (2-2), трьох базових рівнів – I-го, II-го та III-го. Переважна більшість існуючих на нинішній час пасажи́рських спальних і купейних вагонів спрое́ктовані за системою їх модульного проектування I-го рівня. Вагони цього рівня модульності характеризуються наявністю у їх конструкціях двох груп основних модулів – модуля кузова та модуля двовісного візка (рис. 5). Будь-яка система модульного проектування пасажи́рських вагонів повинна складатися із конкретної (персональної) сукупності модулів. З погляду на рівень уніфікації усіх типів вагонів цієї системи вона повинна передбачати

один модуль-двовісний візок та необхідну кількість модулів вагонів різного функціонального призначення.



Рис. 5. Базові модулі системи модульного проектування вагонів I-го рівня:
 1 – модуль-кузов; 2 – модуль-двовісний візок

Система модульного проектування вагонів II-го рівня базується на двох основних групах модулів – модуля ходової частини та модулів кузовів (рис. 6).

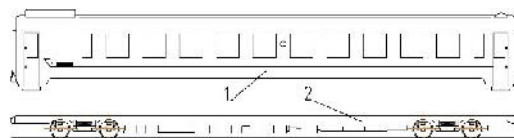


Рис. 6. Базові модулі системи модульного проектування пасажи́рських вагонів II-го рівня:
 1 – модуль-кузов; 2 – модуль-платформа

Для цієї системи характерна наявність базового модуля-платформи – модуля ходової частини, який, у свою чергу, теж складається з кількох модулів – модуля-рами, модуля-двовісного візка, модуля зчіпного пристрою тощо. Така система забезпечує створення пасажи́рських вагонів різних модельних рядів з кузовами однакової

довжини на основі застосування єдиного модуля-платформи.

Модельний ряд – це сукупність базової моделі вагонів та кількох її модифікацій, які характеризуються, перш за все, однаковістю більшості формоутворюючих поверхонь, тобто єдиними стилями їх екстер'єру та інтер'єру.

Одна з переваг системи модульного проектування II-го рівня полягає у можливості створення максимально уніфікованих вагонів та потягів постійного формування з різними екстер'єрами, що забезпечує проектування та виробництво:

- потягів постійного формування з оригінальним стилем для фірмових потягів або для потягів різних регіональних філій АТ «Українська залізниця»;

- вагонів або потягів закордонних замовників зі стилем, сформованим за їх специфічними вимогами.

Кузови вагонів систем їх модульного проектування I-го та II-го рівнів можуть створюватися за одним із двох варіантів:

- варіант 1 – кузов, у якому всі його приміщення – тамбурні, службові, пасажирські, санітарні тощо являються невід'ємними його частинами;

- варіант 2 – кузов, який складається з модуля зовнішньої оболонки (підлоги, бокових і торцевих стінок, даху тощо) та окремих модулів різних функціональних приміщень – тамбурного, службового, санітарного, купейного, плацкартного тощо.

У системах модульного проектування пасажирських вагонів I-го та II-го рівнів широко застосовуються проектні модулі у вигляді модулів-купе або плацкартних модулів-секцій.

Система модульного проектування вагонів III-го рівня передбачає наявність сукупності модулів у вигляді модуля-платформи та окремих модулів різних функціональних приміщень (рис. 7).

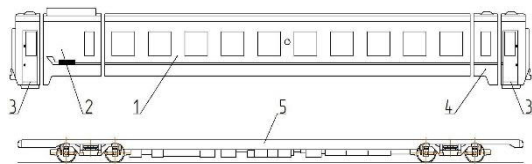


Рис. 7. Базові модулі системи модульного проектування пасажирських вагонів III-го рівня:

- 1 – модуль пасажирського приміщення;
- 2 – модуль службовий; 3 – модуль-тамбур;
- 4 – модуль туалетний; 5 – модуль-платформа

Окремі модулі приміщень встановлюються на модуль-платформу у відповідній

послідовності і кріпляться до рами модуля-платформи та між собою.

Системи модульного проектування пасажирських вагонів та потягів можуть бути розроблені на основі будь-якої сукупності модулів, наприклад тамбур та службові або туалетні приміщення можуть утворювати модуль тамбурно-службовий або модуль тамбурно-туалетний тощо.

На нинішній час системи модульного проектування вагонів II-го і III-го рівнів модульності фактично не застосовуються. Оцінка доцільності їх застосування для створення і виробництва перспективних та конкурентоспроможних вагонів та потягів не являється метою даної роботи і потребує проведення відповідних досліджень.

Концепція модульної системи проектування пасажирських вагонів нової генерації.

Забезпечення конкурентоспроможності та підвищення рівня комфортабельності перспективних спальних вагонів нової генерації можливе шляхом застосування пропонованої концепції їх проектування, яка передбачає:

- застосування принципів і методів модульного проектування складних технічних об'єктів виробництва;

- формування системи (сукупності) основних (базових) та допоміжних модулів пасажирських вагонів;

- збільшення розмірних параметрів кузовів вагонів, перш за все їх ширини, до максимально допустимого габаритами рухомого складу 1-Т або 1-ВМ, тобто до 3,4 м;

- розроблення нових конструювальних схем вагонів на основі застосування лише одного тамбура [19], розміщеного у середній частині їх кузовів;

- суттєве підвищення рівнів комфортабельності спальних плацкартних та купейних вагонів.

Підвищення рівнів комфортабельності вагонів різних типів за призначенням пропонується за рахунок:

- обладнання вагонів усіх типів, окрім туалетних приміщень, окремими душовими кабінами;

- створення купейних вагонів, обладнаних не тільки дво- або чотиримісними, але й одномісними купейними відсіками;

- збільшення ширини проходів по пасажирських приміщеннях;

- застосування двох окремих пасажирських відсіків замість одного суцільного пасажирського приміщення;

– обладнання кожного з двох пасажирських відсіків вагона купейними відсіками різної місткості;

– часткового відокремлення та однакових розмірних параметрів усіх спальних полиць плацкартних вагонів зі сторони проходу по пасажирському приміщенню.

Ще однією важливою умовою запропонованої концепції являється збереження номінальної пасажиромістимості на рівні кращих моделей сучасних вагонів, або й, навіть, її збільшення.

Система модульного проектування пасажирських вагонів. Для проектування перспективних пасажирських вагонів нової генерації прийнята система модульності вагонів II-го рівня на базі схеми їх ходової частини (2-2). Пропонована система передбачає проектування вагонів нової генерації на основі сукупності наступних чотирьох груп загальних типів проектних площинних модулів:

- модуля кузова;
- тамбурно-службового модуля;
- модуля пасажирського приміщення;
- модуля туалетних відсіків.

Відповідно до прийнятої концепції проектування вагонів нової генерації, яка передбачає застосування лише одного тамбура та розміщення його у середній частині кузова, проектний площинний модуль-кузов розбитий на п'ять зон та три складові проектні площинні модулі (рис. 8).

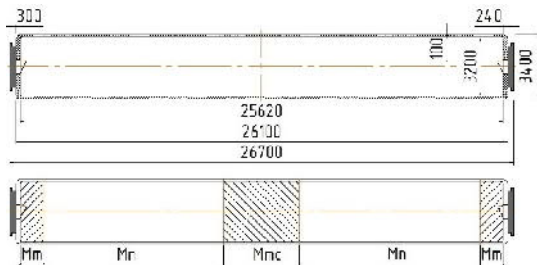


Рис. 8. Складові модулі модуля-кузова системи модульного проектування пасажирських спальних вагонів II-го рівня:

- Mп – модуль пасажирського відсіку;
- Mтс – модуль тамбурно-службовий;
- Mт – модуль туалетних відсіків

Розмірні параметри проектного модуля вагона прийняті на основі розмірів пасажирських спальних вагонів виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» за винятком ширини кузова, яка збільшена до 3,4 м відповідно до вимог нормативних документів.

Пропонована система модульного проектування пасажирських спальних вагонів орієнтована на створення модельного ряду з наступних типів вагонів:

– купейного вагона, обладнаного однимісними купейними відсіками з поздовжнім розміщенням вздовж обох боковин кузова;

– купейного вагона, обладнаного дво- або чотиримісними купейними відсіками з поперечним розміщенням спальних місць;

– плацкартного вагона, обладнаного шести-місними плацкартними відсіками з однаковими розмірами спальних місць.

Отже, у сукупності проектних модулів системи повинно бути:

- три різновиди максимально-уніфікованих тамбурно-службових модулів однакової довжини, основна відмінність яких полягає у різному розміщенні дверей входів до обох пасажирських приміщень;
- два типи модулів-секцій купейних вагонів;
- один тип модуля-секції плацкартного вагона;
- три типи максимально-уніфікованих модулів туалетних відсіків.

Визначальним для визначення довжини проектного модуля обох пасажирських відсіків являється довжина проектного модуля купейного відсіку з двома одномісними купе, розміщеними вздовж боковин кузова вагона.

Розрахункова схема для визначення основних розмірних параметрів модуля такого купейного відсіку наведена на рис. 9.

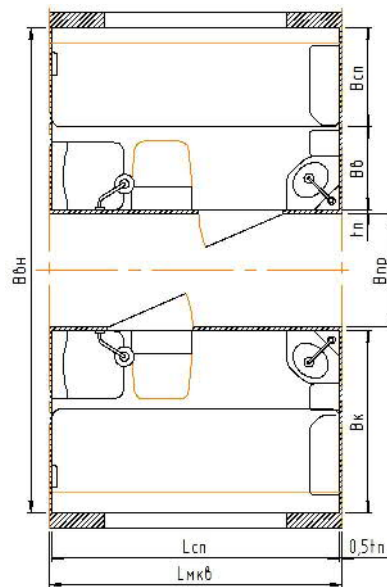


Рис. 9. Розрахункова схема проектного модуля купейного відсіку з двома одномісними купе

За основу для визначення основних розмірних параметрів цього модуля прийняті наступні нормативні вимоги (не менше):

- довжина спальної полиці, м 1,9
- ширина спальної полиці, м 0,6

- відстань від спальної полиці до перегородки, м0,5
- ширина проїми дверей, м0,56
- ширина проходу по пасажирських відсіках, м.....0,75

Мінімальна довжина проектного модуля купейного відсіку, у якому встановлено два одномісні купе,

$$L_{МКВ} = L_{СП} + t_{П}, \quad (1)$$

де $L_{СП}$ – довжина спальної полиці, м;
 $t_{П}$ – товщина перегородки, м.

За умови $t_{П} = 0,025$ м мінімальна довжина проектного модуля такого купейного відсіку рівна 1,925 м.

Довжина проектного модуля кожного пасажирського відсіку визначається за формулою

$$L_{МП} = n_{МКВ} \times L_{МКВ}, \quad (2)$$

де $n_{МКВ}$ – кількість модулів купейних відсіків у проектному модулі пасажирського відсіку, од.

За умови прийнятої кількості модулів купейних відсіків $n_{МКВ} = 5$ довжина модуля пасажирського відсіку $L_{МП} = 9,625$ м.

Ширина купе цього модуля визначається з виразу

$$(B_{СП} + B_{В}) \leq B_{К} \leq 0,5(B_{ВН} - B_{ПР} - 2t_{П}), \quad (3)$$

де $B_{СП}$ – ширина спальної полиці, м;
 $B_{В}$ – відстань між спальною полицею і перегородкою між купе і проходом по відсіку, м;
 $B_{ВН}$ – внутрішня ширина вагона, м;
 $B_{ПР}$ – ширина проходу по відсіку, м;
 $t_{П}$ – товщина перегородки між модулями купейних відсіків, м.

З виразу (3), при $t_{П} = 0,025$ м, ширина купе прийнята рівною $B_{К} = 1,2$ м.

Мінімальна довжина модуля туалетного відсіку (рис. 10) визначається з виразу

$$L_{МТ} = \frac{[S_{Т}]}{B_{К}} + (t_{Т} - 0,5t_{П}) \geq [B_{Т}], \quad (4)$$

де $[S_{Т}]$ – регламентована мінімальна площа туалетного приміщення, м²;

$t_{Т}$ – товщина перегородки між туалетним приміщенням і купейним відсіком, м;

$[B_{Т}]$ – допустима мінімальна ширина туалетного приміщення, м.

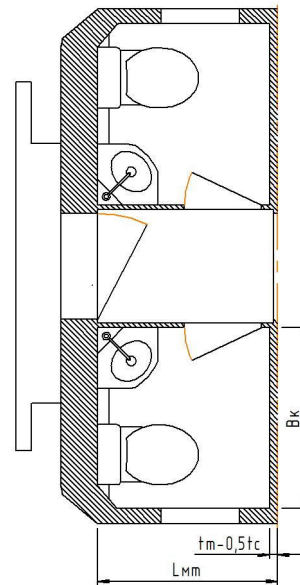


Рис. 10. Розрахункова схема модуля туалетної секції з двома туалетними приміщеннями – варіант МТ-1

За вимогами нормативних документів $[S_{Т}] = 1,2$ м², $[B_{Т}] = 0,9$ м, а величина $t_{Т}$ прийнята рівною 0,065 м.

Оскільки $B_{К} = 1,2$ м > $[B_{Т}] = 0,9$ м мінімальна довжина модуля туалетної секції приймається з умови $L_{МТ} \geq 1,0525$ м.

Мінімальна довжина тамбурно-службового модуля (рис. 11) визначається за формулою

$$L_{МТС} \geq L_{СПР} + L_{ТВ} + L_{Т} + 2(t_{С} - 0,5t_{П}) + t_{ВБ} + t_{С}, \quad (5)$$

де $L_{СПР}$ – довжина службового приміщення, м;

$L_{ТВ}$ – довжина технічного відсіку, м²;

$L_{Т}$ – ширина тамбурного проходу, м;

$t_{С}$ – товщина стінки між модулем купейного відсіку та тамбурно-службовим модулем, м;

$t_{ВБ}$ – товщина стінки між службовим приміщенням та технічним відсіком, м.

Мінімальна довжина модуля службового приміщення провідників визначається з умови

$$L_{СПР} \geq \frac{[S_{СПР}]}{B_{К}}, \quad (6)$$

де $[S_{СПР}]$ – регламентована мінімальна площа службового приміщення, м².

Ширина тамбурного проходу має становити

$$L_{Т} \geq [B_{Т}], \quad (7)$$

де $[B_T]$ – регламентована мінімальна ширина тамбура, м.

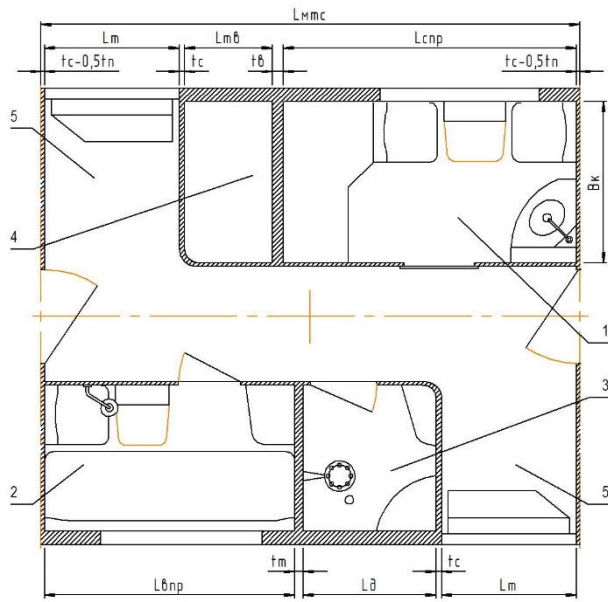


Рис. 11. Розрахункова схема тамбурно-службового модуля (варіант Мтс-1): 1 – службове приміщення; 2 – купе для відпочинку провідників; 3 – душова кабіна; 4 – технічний відсік; 5 – тамбурні відсіки

Для пасажирських спальних вагонів за вимогами нормативних документів $[B_T]=1,0$ м, $[S_{cnp}]=2,6$ м². Величини інших розмірних параметрів: $L_{TB}=0,65$ м; $t_c = 0,04$ м і $t_{Bб} = 0,1$ м.

Розмірні параметри іншої половини проектного тамбурно-службового модуля має менший вплив на його довжину, оскільки сума $(L_{впр} + L_d)$ у даному випадку може бути меншою за $(L_{cnp} + L_{TB})$.

Довжина купе для відпочинку провідників визначається з умови

$$L_{впр} \geq [L_{впр}], \quad (8)$$

де $[L_{впр}]$ – регламентована мінімальна довжина купе для відпочинку провідників, м.

Оскільки $[L_{впр}]=1,665$ м, $L_{впр} \geq 1,665$ м, а розрахункова мінімальна довжина тамбурно-службового модуля рівна $L_{MTC}=3,97$ м

Остаточні довжини пропонованих проектних модулів визначаються графічним методом при проведенні робіт з розроблення ескізних компонувань перспективних вагонів нової генерації. У результаті цих робіт прийняті наступні довжини проектних модулів: модуль пасажирського відсіку – $L_{мп}=9,625$ м; модуль тамбурно-службовий – $L_{MTC}=4,0$ м; модуль туалетного відсіку – $L_{MT}=1,725$ м.

Планування пасажирського спального купейного вагона нової генерації високого рівня комфортабельності, обладнаного модулями-відсіками з двома одномісними купе, наведено на рис. 12.

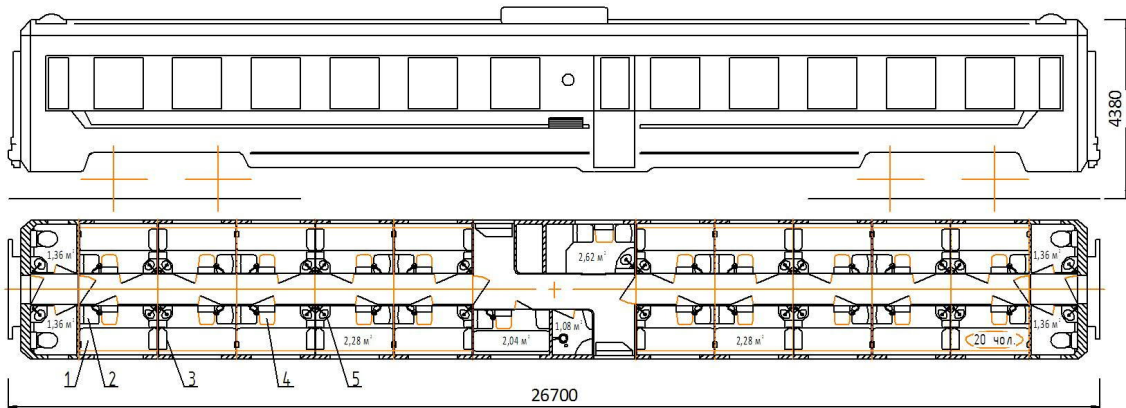


Рис. 12. Купейний вагон нової генерації проекту sV-g01: 1 – спальна полиця; 2 – сидіння; 3 – вішак для одягу; 4 – відкидний столик; 5 – умивальник/ ящик для сміття

Для створення спальних вагонів інших типів необхідно сукупність модулів пропонованої системи їх модульного проектування, з огляду на інше розміщення проходів по пасажирських секціях, доповнити іншими варіантами тамбурно-службового модуля та модуля туалетної секції.

Тамбурно-службові модулі у двох інших варіантах – Мтс-2 та Мтс-3 – відрізняються лише розміщенням дверей входів до пасажирських секцій (рис. 13).

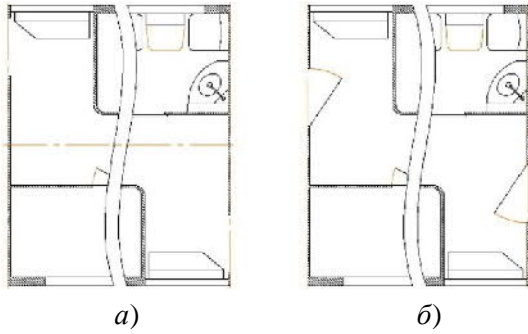


Рис. 13. Модулі тамбурно-службові:
 а – варіант Мт-2 для купейних вагонів
 з дво- або чотиримісними модулями-секціями;
 б) – варіант Мт-3 для плацкартних вагонів

Туалетні модулі-секції Мт-2, для купейних вагонів з дво- і чотиримісними купе, та Мт-3, для плацкартних вагонів, обладнані лише одним туалетним приміщенням а також ящиком для сміття та аварійними дверима (рис. 14).

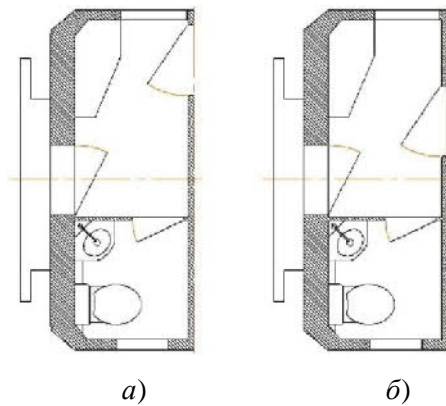


Рис. 14. Модулі туалетні:
 а – варіант Мт-2 для купейних вагонів;
 б – варіант Мт-3 для плацкартних вагонів

Розрахункова схема для визначення основних розмірних параметрів модуля купейного відсіку з поперечним розміщенням спальних полиць наведена на рис. 15.

Оскільки $L_{МКВ}=1,925$ м ширина спальних полиць визначається з виразу

$$B_{СП} \geq 0,5(L_{МКВ} - B_c - t_{П}), \quad (9)$$

де B_c – відстань між спальними полицями, м.

За вимогами нормативних документів $B_c \geq 0,6$ м, тоді $B_{СП}=0,65$ м (допустима ширина спальної полиці $[B_{СП}]=0,6$ м).

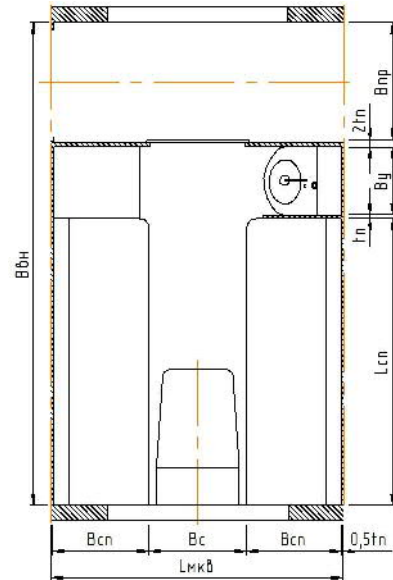


Рис. 15. Розрахункова схема проектного модуля дво- або чотиримісного купейного відсіку

Максимальна ширина блоку з умивальником та шафою для одягу визначається з умови

$$B_y \leq B_{ВН} - (L_{СП} + B_{ПР} + 3t_{П}). \quad (10)$$

Розрахункова схема для визначення основних розмірних параметрів модуля плацкартного відсіку, за умови рівності розмірів спальних полиць, наведена на рис. 16.

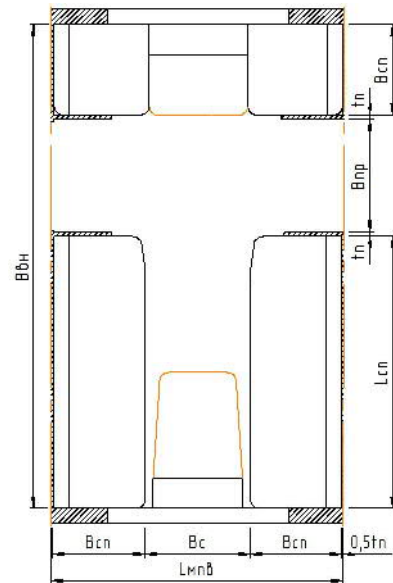


Рис. 16. Розрахункова схема проектного модуля плацкартного відсіку

Ширина спальних полиць плацкартного вагона розраховується за формулою

$$B_{СП} = B_{ВН} - (L_{СП} + B_{ПР} + 2t_{П}). \quad (11)$$

При заданих допустимих розмірних параметрах $V_{сп} = 0,6$ м.

Планування пасажирських спальних купейних вагонів нової генерації проекту sV-g02, обладнаного дво- або чотиримісними купе, суттєво вищих рівнів комфортабельності у порівнянні з сучасними вагонами виробництва ПАТ «КрВЗ», наведено на рис. 17.

Планування пасажирського спального плацкартного вагона нової генерації підвищеного рівня комфортабельності, обладнаного шестимісними відсіками, наведено на рис. 18.

Сукупність фізичних та проектних модулів різних типів запропонованої системи модульного проектування II-го рівня для створення пасажирських максимально-уніфікованих спальних плацкартних і купейних вагонів нової генерації наведено на рис. 19.

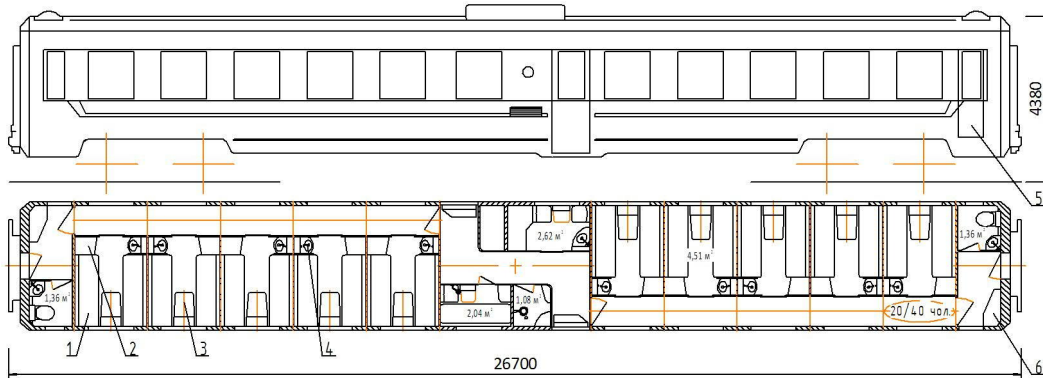


Рис. 17. Купейний вагон нової генерації проекту sV-g02: 1 – спальна полиця; 2 – шафа для одягу; 3 – відкидний столик; 4 – умивальник/ ящик для сміття; 5 – аварійний вихід; 6 – ящик для сміття

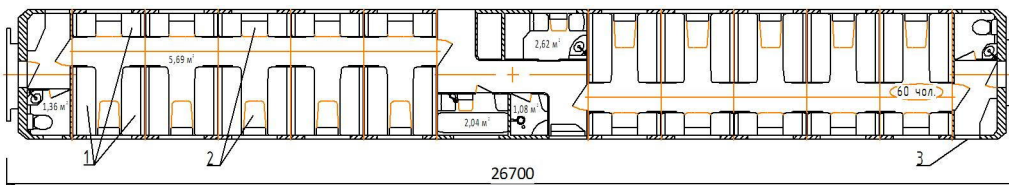


Рис. 18. Плацкартний вагон нової генерації проекту sV-g03: 1 – спальна полиця; 2 – відкидний столик; 3 – ящик для сміття



Рис. 19. Сукупність модулів системи модульного проектування спальних вагонів нової генерації

Отже, запропонована система модульного проектування спальних вагонів нової генерації забезпечує дуже велику степінь уніфікації їх конструкцій. Зокрема, навіть за умови застосування замість одного модуля-платформи двох модулів двовісних візків. Така система модульного

проектування вагонів являється проміжною між системами I-го та II-го рівнів., тобто системою I+ рівня.

Аналіз технічної довершеності та рівнів комфортабельності вагонів нової генерації. Основні конструктивні та експлуатаційні

параметри і оцінка технічної досконалості та рівнів комфортабельності пасажирських купейних і плацкартних вагонів за методикою [20],

компонувальні схеми яких розроблені на основі запропонованої системи їх модульного проектування II-го рівня, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Оцінка комфортабельності пасажирських купейних спальних вагонів

Найменування параметра	Регламентовані величини	Проект вагону			
		sV-g01	sV-g02		sV-g03
Параметри кузовів вагонів: довжина/ ширина, м		26,7/ 3,4			
- довжина/ ширина пасажирських відсіків, м		2 відсіки 9,6/ 3,2			
- площа пасажирського приміщення, м ²		61,44 (2x30,72)			
- ширина проходу по вагону, м	[0,75]	0,75	0,78	0,75	
- ширина дверей проходу по вагону, м	[0,7]	0,7			
- довжина/ ширина тамбурів, м	[2,7/ 1,0]	5,895/ 1,0			
- ширина вхідних дверей тамбурів, м	[0,78]	0,78			
Коефіцієнт комфортабельності вагонів, k_B		0,75	0,78	0,75	
Параметри пасажирських купе або відсіків:					
- площа, м ²		2,28	4,51		5,69
- вмістимість, чол.		1	2	4	6
- довжина/ ширина нижньої спальної полиці, м	[1,9/ 0,6]	1,9/ 0,6	1,9/ 0,625		1,9/ 0,6
- довжина/ ширина верхньої спальної полиці, м	[1,83/ 0,6]	1,9/ 0,625	1,9/ 0,625		1,9/ 0,6
- відстань між спальними полицями, м	[0,6]	0,6	0,65		0,68
- ширина дверей, м	[0,56]	0,56		-	
Коефіцієнт комфортабельності купе, $k_{ПК}$		2,28	2,53	1,27	1,07
Параметри службового купе:					
- площа, м ²	[2,6]	2,62			
- ширина дверей, м	[0,43]	0,43			
Коефіцієнт зручності службового купе, $k_{СК}$		1,01			
Параметри купе відпочинку, м:					
- довжина/ ширина спального місця	[1,665/ 0,58]	1,885/ 0,6			
- відстань між спальним місцем і перегородкою	-	0,5			
- ширина дверей	[0,43]	0,43			
Коефіцієнт зручності купе відпочинку, $k_{КВ}$		2,01			
Параметри туалетів загального користування:					
- площа, м ²	[1,2]	1,36			
- ширина, м	[0,9]	1,1325			
- ширина дверей, м	[0,49]	0,5			
Коефіцієнт зручності туалетів, $k_{ТП}$		1,67			
Кількість туалетів загального користування, од.	[2]	4	2		
Коефіцієнт туалетів на 1-у особу, $k_{ТП}^n$		0,18	0,09	0,05	0,03
Кількість душових кабін загального користування, од.		1			
Коефіцієнт душових кабін на 1-у особу, $k_{Д}^n$		0,05	0,25	0,02	
- кількість спальних полиць		1	2	4	6
- кількість окремих сидінь		1	-		
- наявність шафи для верхнього одягу		0,5	1		-
- наявність умивальника/ ящика для сміття в купейному відсіку		1 + 1			-
Коефіцієнт комфортабельності пасажирського купе або плацкартного відсіку, $k_{К}^{ПК}$		2,75	1,75	1,12	0,75
Узагальнений коефіцієнт комфортабельності пасажирських спальних вагонів, $k_{КОМ}$		9,73	7,58	5,00	2,83

Порівняння показників технічної досконалості та рівнів комфортабельності запропонованих

проектів перспективних конкурентоспроможних пасажирських купейних і плацкартних

вагонів нової генерації проектів sV-g01, sV-g02 і sV-g03 та сучасних серійних вагонів моделей 61-779А, 61-779 і 61-779П виробництва ПАТ

«Крюківський вагонобудівний завод» наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Аналіз комфортабельності пасажирських спальних купейних і плацкартних вагонів

Найменування параметра	Модель вагону						
	sV-g01	sV-g02		sV-g03	61-779А	61-779	61-779П
Параметри вагонів:							
- довжина/ ширина кузова, м	26,7/ 3,4			16,696/ 3,021			
- вмістимість,чол.	20	20	40	60	20	40	58
Коефіцієнт комфортабельності вагонів, k_B	0,75	0,78		0,75	0,60		0,34
Коефіцієнт комфортабельності купе, $k_{ПК}$	2,28	2,53	1,27	1,07	1,71	0,86	0,67
Коефіцієнт зручності службового купе, $k_{СК}$	1,01			1,0			
Коефіцієнт зручності купе відпочинку, $k_{КВ}$	2,01			0,92			
Коефіцієнт зручності туалетів, $k_{ТП}$	1,67			1,44			
Коефіцієнт туалетів на 1-у особу, $k_{ТП}^n$	0,18	0,09	0,05	0,03	0,09	0,05	0,03
Коефіцієнт душових кабін на 1-у особу, $k_{Д}^n$	0,05		0,25	0,02	-		
Коефіцієнт комфортабельності пасажирського купе або плацкартного відсіку, $k_{К}^{ПК}$	2,75	1,75	1,12	0,75	1,0	0,75	0,5
Узагальнений коефіцієнт комфортабельності пасажирських спальних вагонів, $k_{КОМ}$	9,73	7,58	5,00	2,83	3,63	2,67	1,59

Аналіз величин коефіцієнтів технічної досконалості та комфортабельності пропонуваніх пасажирських спальних вагонів показує, що за усіма оціночними показниками комфортабельності та зручності користування вагонами беззаперечно перевагу мають купейні вагони пропонуваніх проектів Sv-g01, Sv-g02, Sv-g03, оскільки:

– рівень комфортабельності перспективних спальних плацкартних вагонів проекту Sv-g03 вищий на 178 %, порівняно з вагоном 61-779П, при тому, що їх пасажировмістимість більша на 2 чол.;

– рівень комфортабельності перспективних спальних купейних вагонів проекту Sv-g02 вмістимістю 40 чол. вищий на 187 %, вмістимістю 20 чол. – на 209 %, а проекту Sv-g01 з одномісними купе – на 268 % порівняно з, відповідно, вагонами моделей 61-779 та 61-779А.

За рахунок оптимізації довжини тамбурно-службових модулів, зокрема, модуля Мтс-3 спального плацкартного вагона проекту Sv-g03, довжина всіх спальних полиць у плацкартних відсіках збільшена на 0,1 м порівняно з проектами плацкартних вагонів sV-п2.01, sV-п2.02, sV-п3.01 та sV-п3.02, наведених у роботі [21] і становить 1,9 м. Крім того, за умови забезпечення ширини проходів по пасажирських відсіках $[B_{пр}] = 0,75$ м, поперечно та поздовжньо

розміщені спальні полиці частково відокремлені від проходу перегородками висотою від підлого до стелі. Таке конструктивне рішення сприятиме створенню більш затишних умов пасажирів під час сну.

Висновки

Застосування пропонуваної системи модульного проектування пасажирських спальних вагонів II-го рівня забезпечує створення спальних плацкартних і купейних вагонів нової генерації вищого у 1,87...2,68 разів рівня комфортабельності.

Розділення суцільних пасажирських приміщень вагонів усіх проектів на два відокремлені відсіки сприятиме суттєвому зменшенню рівнів шуму у цих відсіках, особливо у плацкартних вагонів, пасажировмістимість яких у 1,5-2 рази більша ніж купейних.

Крім того, пасажировмістимість плацкартного вагона проекту Sv-g03, яка становить 60 чол., більша на 2 чол. порівняно з плацкартним вагоном моделі 61-779П.

Пропонувана система модульного проектування спальних вагонів нової генерації забезпечує створення необхідних максимально-уніфікованих модифікацій наведених вище базових проектів, наприклад:

– купейних вагонів проектів Sv-g01 і Sv-g02 змішаного планування, у яких один

пасажи́рський відсі́к обладнаний дво-/ чотири-місними купейними відсіками, інший – купейними відсіками з двома одномісними купе;

– плацкартних вагонів проекту Sv-g03. обладнаних третім туалетним приміщенням замість душової кабіни при зменшенні довжини купе відпочинку провідників на 0,105 м, тобто до 1,75 м, що суттєво перевищує допустиму мінімальну довжину спальної полиці цього купе, яка становить $[L_{впр}] = 1,665$ м.

Проектування та організація виробництва пропонувані вагонів нової генерації за пропонуваною системою модульності їх конструкцій потребує у кілька разів менших обсягів фінансування та термінів виконання усіх етапів цих циклів.

Подальший розвиток пропонуваної системи модульного проектування пасажирських спальних вагонів вбачається у застосуванні окремих фізичних конструктивних модулів, наприклад модулів туалетних та душових кабін. Така система, яку можна віднести до систем рівня П+, забезпечила би можливість виготовлення вагонів базових моделей у різних модифікаціях при мінімальних фінансових витратах.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Базров Б. М. Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.
2. Васильев А. Л. Модульный принцип формирования техники. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 238 с.
3. Модульная постройка судов (Модульные методы в судостроении) / Л. Ц. Адлерштейн, Г. В. Бавыкин, А. Л. Васильев и др. Л. – Судостроение, 1983. – 320 с.
4. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станок с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
5. Высоцкий М. С. Основы проектирования модульных магистральных автопоездов / М. С. Высоцкий, С. И. Кочетов, С. В. Харитончик – Минск: Беларус. навука, 2011. – 392 с.
6. Княгинин В. Н. Модульная революция: распространение модульного дизайна и эпоха модульных платформ. учеб. пособие / под ред. М. С. Липецкой, С. А. Шмелевой. – СПб., 2013. – 80 с.
7. Балабин В. Н. Принципы модульности в проектировании современных автономных локомотивов / В. Н. Балабин, Ф. Винклер // Наука и транспорт. – 2012. – № 3. – С. 22-24.
8. Kera K. Hitachi's Total Solutions for Railway Systems and Services / K. Kera, T. Uchimura, K. Kimura, M. Nagakura // Hitachi Review. – 2001. – Vol. 50 (1), No. 4. pp. 122-129.
9. Horihata K, Sakamoto H., Kitabayashi H., Ishikawa A. Environmentally Friendly Railway-car

Technology // Hitachi Review. – 2008. – Vol. 57 (1). – pp. 18-22.

10. Railway systems. Hitachi Review. – 2015. – Vol. 63 (10). 80 p.

11. Andersson E. Extra wide-body passenger trains in Sweden - background and introduction // E. Andersson, K. Kottenhoff, Bo-L. Nelldal // Submitted for World Congress on Railway Research (WCRR.01), Koln, Nov. – 2001. – Paper 99. – 16 p.

12. Bosso N. Design and Simulation of a Railway Vehicle for the Transport of People with Reduced Mobility // N. Bosso, A. Gugliotta, N. Zampieri // Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italy. – 2018. – 15 p.

13. Cucu L. Modular design for storage of luggage in passenger trains / L. Cucu, I. Simion, G. F. Stoica, S. Cananau // U.P.B. Sci. Bull., Series D. – 2015. – Vol. 77, Iss. 2. – pp. 225-234.

14. Wood, J. Research Relating to New Passenger Train Interiors for 2020 and beyond, in Partnership with Government, Industry and Academia, in Israsena, P., Tangantikul, J. and Durling, D. (eds.) / J. Wood, J. Findlay // Research: Uncertainty Contradiction Value - DRS International Conference 2012, 1-4 July, Bangkok, Thailand. – URL: <https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2012/researchpapers/149> (дата звернення 09.04.2022).

15. Talgo 250. – URL: http://web.talgoamerica.com/images/Trainset/Talgo_250_WebComp.pdf (дата звернення 09.04.2022).

16. Electrical low-floor multiple unit flirt.: – URL: https://www.stadlerrail.com/media/pdf/flirt%20bzd%20ic%20ermii_en.pdf (дата звернення 09.04.2022).

17. Elektrischer triebzug flirt. – URL: https://www.stadlerrail.com/media/pdf/flirt_pkp_d.pdf (дата звернення 09.04.2022).

18. ПАТ “Крюковский вагоностроительный завод”. Пассажирское вагоностроение. Каталог [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.kvsz.com/images/catalogs/tsn.pdf> (дата звернення 09.04.2022).

19. Основные принципы и критерии технических требований к техническим средствам для использования их на пространстве 1520: Документ 998_314. Законодавство України: офіц. веб-сайт. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_314/sp:max25. (дата звернення: 23.12.2019).

20. Войтків С. В. Методика оцінки рівня комфортабельності пасажирських купейних спальних вагонів / С. В. Войтків // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2020. – № 1 (85). – С. 44-55. doi : 10.15802/stp2020/200751.

21. Войтків С. В. Напрямки створення перспективних конкурентоспроможних спальних плацкартних вагонів підвищеної комфортабельності / С. В. Войтків // Транспортні системи та технології перевезень. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2020. – № 19. – С. 14-24. doi : 10.15802/stp2020/208673.

S. V. VOYTKIV

FUNDAMENTALS OF MODULAR DESIGN OF PROSPECTIVE NEW GENERATION PASSENGER SLEEPING WAGONS

Purpose. The aim of the work is to study the directions for creating promising competitive passenger sleeping wagons based on the application of the principles of their modular design. **Methodology.** The research is based on the analysis of literature sources, formation of a system of wagon modules and development on their basis of possible variants of modular design of passenger sleeping wagons and assessment of prospects for their application based on mathematical analysis of the degree of unification of car designs. **Findings.** In the course of research, it was established that the design of promising passenger sleeping wagons of the new generation should be based on the principles of significantly improving the quality and comfort of passenger transport based on the use of new layout schemes and relevant principles of modular design. The basic geometric module of passenger wagons of any functional purpose assumes increase in width of its body of 3,4 m. Systems of modular design of passenger sleeping wagons in several variants developed on the basis of the offered new layout schemes providing application of two lateral or only one vestibule located in one end wagons or in the middle of their bodies. The proposed layout schemes also provide for increasing the width of longitudinal passages in passenger rooms, equipping wagons with different numbers of bathrooms depending on the type of wagons for their intended purpose, equivalent in size parameters berths in reserved or compartment wagons of the appropriate class. **Originality.** The scientific novelty of the work is that for the first time, based on selected concepts, a system of modules for the design of passenger wagons for various functional purposes, their definitions and evaluation of the prospects of the proposed modular design systems for passenger wagons. **Practical value.** Developed systems of modular design of promising passenger sleeping wagons and compartment wagons of the new generation provide a significant increase in their comfort levels, improve the quality and safety of passenger transport, as well as significantly reduce the timing and amount of funding for cars of different classes and purposes, maintenance and repairs during operation.

Keywords: modular design, wagon module, passenger sleeping wagon, comfort criteria, wagon comfort level.

УДК 656.21

О. В. ЛАВРУХІН^{1*}, О. Ю. КУЛІШ^{2*}

^{1*} Каф. «Управління вантажною і комерційною роботою», Український державний університет залізничного транспорту пл. Фейєрбаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 10 85, ел. пошта tilavalval@gmail.com, ORCID 0000-0003-1302-4960

^{2*} Каф. «Управління вантажною і комерційною роботою», Український державний університет залізничного транспорту пл. Фейєрбаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 10 85

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ КОНТЕЙНЕРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ RFID

Мета. Метою роботи є удосконалення технології роботи для оптимізації функціонування контейнерного терміналу. Важливу роль в контейнерних терміналах відіграють контейнерні майданчики, разом з персоналом який обслуговує вантажно-розвантажувальні операції з контейнерами та їх сортування. Технологія роботи з контейнерами однакова, але існує багато нових пристроїв, які можна використовувати для сортування та обліку контейнерів. **Методика.** Взаємодія між працівниками, технічними засобами та транспортом, що відбувається на контейнерному терміналі являє собою складну систему. **Результати.** Запропонована технологія використання систем RFID забезпечить скорочення часу на обробку контейнеру, також знизиться роль людського фактору, завдяки тому, що вся інформація про вантаж буде знаходитись в електронному виді, та завдяки автоматизації переміщень контейнерів по терміналу. **Наукова новизна.** В статті розглянута технологія RFID для удосконалення технології обробки контейнерів за рахунок зменшення часу роботи козлового крану на прикладі контейнерного терміналу Харків-Ліски. **Практична значимість.** Застосування технології радіочастотної ідентифікації дозволяє пришвидшити вантажні операції з контейнерами та інформаційні операції, що виконуються з працівниками.

Ключові слова: контейнер, кран, автоматизація, контейнерний термінал, сортування контейнерів.

Вступ

Вантажні перевезення це найважливіший напрям на залізничному транспорті України. Вони забезпечують переміщення вантажів по всій території нашої країни, та відіграють важливу роль в розвитку економіки та транспортної інфраструктури. Особливу роль в вантажних перевезеннях відіграють перевезення вантажів в контейнерах. Завдяки контейнерним перевезенням досягається, як високий рівень схоронності перевезення, так і швидкість доставки вантажів. Окрім цього значно підвищується екологічність та конкурентоспроможність.

В наш час контейнерні перевезення є найбільш актуальним видом перевезень, тому що затрати на упаковку та тару мінімальні, а схоронність та швидкість доставки знаходяться на високому рівні. Зменшується ризик втрати і пошкодження вантажу завдяки відсутності операцій по перевантаженню. Перевезення в контейнерах дозволяє уніфікувати транспортну технологію, що робить цей вид перевезень привабливим для всіх видів транспорту, а не тільки для окремого виду транспорту [1]. Враховуючи те, що науковці майже щодня розробляють нові електронні пристрої, які пришвидшують обмін та передачу інформації, можна припустити що

ці пристрої не тільки можуть, а повинні замінити людей в деяких операціях. Людський фактор дуже впливає на продуктивність в усіх галузях діяльності.

Не дивлячись на те, що сучасний стан контейнерного господарства за останні роки покращився, але він як і раніше залишається незадовільним. Мабуть найголовнішим фактором у поганому стані контейнерних перевезень є вантажна робота з контейнерами. В Україні практично вся робота з 30-ти футовими контейнерами відбувається на ЦТС «Ліски».

Загалом в Україні розташовано 115 контейнерних терміналів на яких розташовано 150 козлових кранів різних типів, у робочому стані близько 66%, біля 20-25 кранів вимагають капітального ремонту.

Також серед головних негативних факторів є простий перевантажувальній техніки, застаріла ремонтна база майстерень. Такі умови роблять удосконалення переробки контейнерів актуальним завданням.

При складанні оперативних планів роботи практично неможливо урахувати нерівномірність надходження рухомого складу, це впливає на заповнення секторів контейнерних площадок, також це викликає додаткові перепробіги

кранів і збільшує довжину переміщення кранів без вантажу, тобто збільшує час коли кран не виконує роботу.

Спостереження за роботою козлового крану показали, що від інтенсивності надходження вагонів та автомобілів до вантажних фронтів, залежить дальність його переміщення, тобто час який втрачається на переміщення крану залежить від інтенсивності надходження транспортних засобів [2].

На сьогоднішній день залізниця в основному задовольняє потреби у перевезеннях. Однак технологічний рівень у виконанні перевезень за багатьма параметрами не відповідає потребам які можуть стати перешкодою у подальшому розвитку держави.

Відзначимо, що рівень контейнеризації в Україні становить лише 1 %, що показує на низьку активність розвитку цього ринкового сегменту порівняно з країнами ЄС, де даний показник досягає близько 45 %.

Така ситуація на українському ринку контейнерних перевезень є, перш за все, наслідком недосконалості транспортнологістичної інфраструктури та відсутності повноцінної державної підтримки розбудови мультимодальних термінальних комплексів [3].

З даних сайту статистики України можна побачити обсяг контейнерних перевезень залізничним транспортом за попередні роки [4].

Таблиця 1

Динаміка контейнерних перевезень залізничним транспортом

Рік	Міжнародні перевезення млн т	Внутрішні перевезення млн. т
2017	5,42	0,66
2018	0,73	1,33
2019	0,66	2,87
2020	0,55	3,18

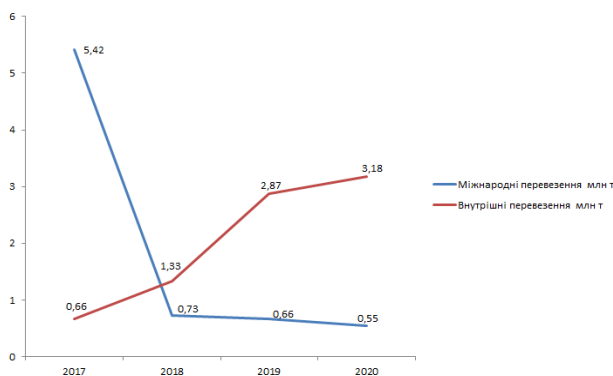


Рис. 1. Динаміка контейнерних перевезень залізничним транспортом

Технічна характеристика контейнерного пункту Харків Ліски

Станція Харків Ліски була спроектована на переробку контейнеропотоку, та збудована в 1970 році, тож розрахована на обсяг переробки контейнерів який був саме того періоду. На станції становлено два козлових крани, обидва є робочими і мають прольот 25 метрів. Робоча довжина контейнерної площадки становить 165 метрів, таку довжину відповідно мають залізнична колія, та автомобільна дорога. Кількість контейнерів що розташовані на контейнерній площадці можна збільшити вдвічі шляхом встановлення другого ярусу, як правило це відбувається при збільшенні контейнеропотоку. Контейнерний термінал спеціалізований на великотоннажних контейнерах масою до 30 т брутто.

Площадка виконує вантажні операції з контейнерами, комерційні і технічні огляди, сортування контейнерів, а також поточний ремонт, оформлення документів, та інші операції.

На сьогоднішній день спостерігається моральне і технічне застаріння ВРМ. Також суттєво збільшилась кількість операції пов'язаних з оформленням документів. Значна частина контейнерних перевезень відбувається автотранспортом, що теж негативно впливає на розвиток залізничної інфраструктури.

Ефективність залізничних контейнерних перевезень можливо значно підвищити за рахунок впровадження новітніх систем радіочастотної ідентифікації (RFID).

Одним із основних показників використання контейнера є його обіг. Цей показник встановлюється для дирекцій і загалом для філій до яких вони відносяться.

У контейнерному терміналі можна виділити такі підсистеми:

- зона роботи автотранспорту;
- зона роботи залізничного транспорту;
- вантажно розвантажувальні механізми;
- товарна контора і контора прийомоздавальника;
- зона роботи морського транспорту [5].

З урахуванням мети дослідження опрацьована і запропонована технологія радіочастотної ідентифікації контейнерів, що перевозяться залізничним транспортом.

З метою оптимізації сортування контейнерів пропонується використовувати RFID технологію.

RFID-обладнання є ефективним інструментом для створення системи спостереження на залізничному транспорті. Завдяки цьому обладнанню можна спостерігати не тільки за

локомотивами та вагонами, але і за їх складовими частинами, наприклад за колісними парами. Також використання

RFID-обладнання є корисним у логістиці. На основі радіочастотної ідентифікації вирішуються такі задачі, як виявлення положення вагонів, визначення напрямку руху складу. Ефективно вирішується завдання складського обліку.

Одна з головних переваг RFID – можливість застосування у процесах технічного обслуговування, ремонту та експлуатації:

- обслуговування операторів залізничних перевезень;

- поточний та капітальний ремонт;
- прокат та оренда активів;
- ідентифікація та облік важливих запасних частин, за якими робляться записи, наприклад, про огляд чи технічне обслуговування.

Особливості компонентів RFID для залізничного транспорту.

Основні відмінні риси компонентів RFID, рекомендованих ISBC-RFID для застосування в області залізничного транспорту:

- сканування RFID мітки з відстані: дальність дії від кількох сантиметрів до 20 метрів для пасивних RFID міток, до 60 метрів для напівпасивних та сотні метрів для активних RFID міток;
- відсутність необхідності контакту RFID-мітки зі зчитувачем або прямої видимості;

- необмежений термін експлуатації пасивних RFID міток;

- можливість зберігання інформації безпосередньо на електронній мітці, її читання та запису;

- RFID мітки можуть бути виконані у різному виконанні: у корпусі або у вигляді наклейок;

- RFID мітки в корпусі мають високий рівень пилю-волого-захисності IP67/68;

- обладнання має широкий температурний діапазон роботи: від -40 до +85С, в асортименті ISBC є мітки, що витримують та екстремально високі температури;

- проста інтеграція в ІТ інфраструктуру підприємства, для цього передбачені всі необхідні інтерфейси [6].

RFID мітки вже використовуються в багатьох країнах. За останні десять років вони почали з'являтися в багатьох країнах слід виділити такі як Індія, Швейцарія, Англія.

Наприклад, Індійське підприємство Golden Rock Workshop (GOC), яке виробляє вагони для Indian Railways, випустило перші 40 платформ для перевезення контейнерів, помічених мітками RFID. Мітки RFID встановлені на

платформи, та розраховані на використання протягом 25 років. Мітки призначені для ідентифікації платформ та зручності відстеження їх переміщень.

В Швейцарії підрозділ SBB Cargo, що являє собою оператора вантажних перевезень з 2016 року почав маркування вантажних вагонів, на кожен вагон повинно бути прикріплено принаймні 2 RFID мітки [7].

На пострадянському просторі дана технологія використовується, здебільше, для контролю за поточним та капітальним ремонтом.

Завдяки датчикам можна автоматизувати роботу контейнерного терміналу шляхом автоматичного планування навантажувально-розвантажувальних робіт на основі моніторингу рухомого складу. Отримувати оперативну інформацію про позиціонування вагонів, дислокацію вантажопідйомних механізмів.

Знизиться роль людського фактору у виконанні технологічних операцій та операцій інформаційного супроводження.

Для застосування системи RFID потрібно визначити оптимальний режим роботи козлового крана, на основі визначення часу, а також визначити які ресурси застосовуються і впливають на час роботи, тож необхідно сформулювати цільову функцію в загальному вигляді

Отже ми отримуємо:

$$C(k) = \sum_{n=1}^9 C_n \rightarrow \min$$

де C_1 – пошук відповідного контейнера, хв;

C_2 – поставка контейнера на платформу, хв;

C_3 – зняття контейнера з платформи, хв;

C_4 – пошук оптимального місця для розвантажування контейнера, хв;

C_5 – сортування контейнера на площадці, хв;

C_6 – час на захват контейнера, хв;

C_7 – пошук контейнера, хв;

C_8 – навантаження контейнера, хв;

C_9 – розвантажування контейнера, хв.

$$t_{\text{норм}} \leq t_{\text{нк}} \leq t_{\text{нп}}$$

де $t_{\text{норм}}$ – норма часу навантаження контейнера, хв;

$t_{\text{нк}}$ – навантаження одного контейнера, хв;

$t_{\text{нп}}$ – навантаження партії, хв.

Для того щоб система працювала необхідно врахувати всі перераховані показники та залучити інтелектуальні засоби.

Висновки

Виходячи з статистичних даних і перейнявши досвід країн зарубіжжя можна зробити

висновок, що системи штучного інтелекту значно підвищують ефективність та швидкість сортування контейнерів на терміналах.

Запропонована технологія використання систем RFID забезпечить скорочення часу на обробку контейнеру, також знизиться роль людського фактору, завдяки тому, що вся інформація про вантаж буде знаходитись в електронному виді, та завдяки автоматизації переміщень контейнерів по терміналу.

Технологія RFID значною мірою вплине на швидкість і точність операцій з контейнерами, підвищить ефективність роботи козлових кранів та контейнерного терміналу в цілому, завдяки зменшенню часу роботи козлового крану, раціоналізації переміщень по терміналу та скороченню персоналу який проводить облік контейнерів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ковальов А. О. Нестеренко О. О. Удосконалення технології переробки контейнерів на станції за допомогою ПЕОМ // Зб. наук. праць. – Харків: Укр-ДАЗТ, 2013. – Вип. 140. – С. 9.

2. Лаврухін О. В. Немировський Б. М. Удосконалення технології роботи контейнерних терміналів на основі впровадження інтелектуальних передових технологій // Зб. наук. праць. – Дніпро: ДНУЗТ ім. акад. Лазяряна, 2017. – Вип. 13. – С. 201.

3. Соколова О. Є. Організація мультимодальних контейнерних перевезень, як складової сталого розвитку транспортної системи України // Наукоємні технології. – Київ: НАУ, 2021. Т. 51. – С. 292.

4. Державна служба статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 10.12.2021)

5. Технологічний процес роботи контейнерного пункту станції Харків – Ліски. Типовий технологічний процес роботи контейнерного пункту. – Київ – 28 с.

6. Технологии RFID идентификации URL: <https://isbcrfid.ru/applications/trains/> (дата звернення 15.12.2021)

7. THE TIMES OF INDIA URL: <https://timesofindia.indiatimes.com> (дата звернення 15.12.2021)

Надійшла до редколегії 07.02.2022.

Прийнята до друку 18.02.2022.

O. LAVRUKHIN, O. KULISH

IMPROVEMENT OF CONTAINER PROCESSING TECHNOLOGY USING RFID SYSTEMS

The purpose of the work is to improve the work technology to optimize the functioning of the container terminal. An important role in container terminals is played by container yards, together with personnel who handle loading and unloading operations with containers and their sorting. The technology of working with containers is the same, but there are many new devices that can be used for sorting and accounting for containers. **The methodology.** The interaction between workers, technical means and transport that takes place at a container terminal is a complex system. **The results.** The proposed technology of using RFID systems will ensure a reduction in container processing time, the role of the human factor will also decrease, due to the fact that all information about the cargo will be in electronic form, and due to the automation of the movement of containers through the terminal. **Scientific novelty.** The article examines RFID technology for improving container handling technology by reducing the operating time of the gantry crane on the example of the Kharkiv-Lisky container terminal. **The practical significance.** The use of radio frequency identification technology makes it possible to speed up cargo operations with containers and information operations performed with employees.

Keywords: container, crane, automation, container terminal, container sorting.

УДК 656:504.058

І. В. НІКОЛАЄНКО^{1*}, М. В. ХАРА^{2*}, І. С. МАНИК^{3*}

^{1*}Каф. «Технології міжнародних перевезень і логістика», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м Маріуполь, 87555, Україна, тел. +38 (096) 743 92 93, ел. пошта iryna.vnikolaienko@gmail.com, ORCID 0000-0002-2933-0498

^{2*}Каф. «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м Маріуполь, 87555, Україна, тел. +38 (096) 743 72 36, ел. пошта haramarina4691@gmail.com, ORCID 0000-0002-6818-7938

^{3*}Каф. «Технології міжнародних перевезень і логістика», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м Маріуполь, 87555, Україна, тел. +38 (098) 125 16 03, ел. пошта manikirina0306@gmail.com

СТРАТЕГІЧНИЙ ПІДХІД ДО КЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ НА ТРАНСПОРТІ

Мета. Метою роботи є дослідження проблеми кліматичних ризиків в транспортних системах та формування рекомендацій щодо стратегічних рішень з адаптації транспорту України до настання несприятливих наслідків в результаті кліматичної небезпеки. **Методи дослідження.** Дослідження виконано за допомогою методів статистичного аналізу і синтезу. **Результати.** Проведено дослідження кліматичних змін в світі і Україні, які вказують на необхідність нових дієвих методик та пропозицій, що врахували б особливості функціонування вітчизняної транспортної системи та забезпечили впровадження концепції стратегічного підходу до управління транспортом в умовах кліматичних ризиків. Запропоновано попереджувальне ставлення до надзвичайних ситуацій природного характеру в якості основи формування стратегічних рішень на національному рівні. Сформульовані основні етапи стратегічного підходу до кліматичних ризиків на транспорті. **Наукова новизна.** Отримані результати дослідження дозволяють сформулювати наукову основу стратегії розвитку транспортної галузі України в умовах зростання природних небезпек та ризиків. **Практична значимість.** Визначено стратегічні заходи адаптації транспортної системи до кліматичних ризиків, що формуються за рахунок реалізації комплексу організаційних, технічних, будівельних та економічних рішень. Отримані результати можуть бути використані при розробці планів дій транспортно-логістичних підприємств у надзвичайних кліматичних ситуаціях.

Ключові слова: адаптація, інфраструктура, кліматичний ризик, надзвичайні погодні умови, попереджувальне ставлення, стратегія, транспорт.

Вступ

Надзвичайні погодні умови займають перше місце за вірогідністю серед десяти найбільших ризиків у Доповіді про глобальні ризики Світового економічного форуму.

Ризик у кліматичному сенсі розуміється як ймовірність настання несприятливих наслідків для людських та природних систем в результаті кліматичної небезпеки, що може виникнути як результат взаємодії небезпечних явищ, та вразливості і стійкості системи, що піддається впливу. Зміна клімату – це незворотний процес, який створює руйнівні загрози для благополуччя людей, екосистем та природних ресурсів, промислової інфраструктури та аграрного комплексу.

Сторони Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Паризької угоди визнають, що адаптація є глобальним завданням, яке залежить від активної та сталої участі зацікавлених сторін, включаючи національні, регіональні і міжнародні організації, державний і приватний сектори,

громадянське суспільство та інші відповідні зацікавлені сторони. Тому розробка довгострокової політики з мінімізації наслідків кліматичних ризиків та їх впливу є дуже важливою для всіх секторів економіки та усієї наявної інфраструктури.

Транспорт – одна з найбільш кліматозалежних галузей країни. Транспортні системи особливо вразливі по відношенню не тільки до екстремальних явищ катастрофічних масштабів, а й до «млявих» несприятливих процесів у зв'язку зі зміною клімату (зростанням температур, підвищенням рівня моря, частішими повеннями, посухами та ін.). Різні прояви зміни клімату та екстремальні кліматичні явища можуть мати негативні наслідки для транспортної інфраструктури та транспортних служб.

Аналіз публікацій

В цілому наукові роботи, пов'язані з кліматичними ризиками, можна розділити на декілька напрямків: дослідження зміни клімату та оцінка наслідків; кліматичне планування і політика;

моделювання роботи об'єктів дослідження в умовах надзвичайних погодних явищ; адаптаційні методи та заходи в різних галузях.

Проблемі зміну клімату в Україні та його наслідків присвячено роботи В. Ф. Кондрата [1], О. Г. Голубцова [2], О. Шевченко [3], С. П. Іванюти та ін. [4]. Найбільшу увагу вітчизняні вчені приділили впливу кліматичних ризиків на аграрний сектор, водне господарство, енергетичну систему і туристичну галузь [5-7]. Соціальні аспекти взаємодії транспорту та середовища, а також наслідки зміни клімату проаналізовані В. М. Самсонкіним [8].

Діапазон інструментів та джерела фінансування заходів реалізації кліматичної політики вивчено в роботі Н. Проць [9]. В статті пропонується формування адаптаційного потенціалу з урахуванням ресурсної забезпеченості. О. Шевченко [10] звертає увагу на необхідність застосування комплексних заходів з адаптації та пом'якшення глобальних кліматичних змін в усіх сферах діяльності людини. Проблематика адаптації транспортних систем до кліматичних ризиків сформульована в роботі І. В. Ніколаєнко та М. В. Хара [11].

Автори прикладних праць у сфері адаптації транспорту до зовнішніх загроз – В. О. Овчиннікова [12] та Н. В. Янченко [13] – хоча і розглядають роботу залізничного транспорту з притаманними йому ризиками, однак не зосереджуються на ризиках зміни клімату, ідентифікації та рішеннях щодо мінімізації їх наслідків.

Слід зазначити, що публікації зарубіжних авторів в галузі транспорту, мають достатньо широкий спектр досліджень кліматичних змін на прикладі різних об'єктів транспортної інфраструктури [14-16]. А. Махроуг з колегами [14] запропонували методологію для магістральних і місцевих автомобільних доріг до і після зміни клімату в Ірані за рахунок комплексу технічних та організаційних рішень. Т. Wang та ін. [15] в своїй роботі представили критичний огляд кліматичних ризиків, стратегій адаптації та планування в контексті автомобільних і залізничних транспортних систем.

Група авторів на чолі з С. Izaguirre [16], використовуючи метод кластеризації та бальний підхід, представила аналіз глобального ризику потепління на основі діяльності більше двох тисяч морських портів по всьому світу з урахуванням встановлених галузю експлуатаційних обмежень. В роботі досліджений взаємозв'язок між ризиком зміни клімату, невизначеністю, потенційними несподіванками та вразливістю інфраструктури порту.

Таким чином, аналіз наукових публікацій показує, що незважаючи на значні зусилля по вивченню кліматичних ризиків і розробці відповідних інструментів адаптації до зміни клімату, недостатньо уваги приділяється дослідженню стратегічних планів та заходів спеціально для транспортного сектора в Україні.

Мета дослідження

Метою роботи є дослідження проблеми кліматичних ризиків в транспортних системах та формування рекомендацій щодо стратегічних рішень з адаптації транспорту України до настання несприятливих наслідків в результаті кліматичної небезпеки.

Основна частина

За даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського в Україні все частіше спостерігаються надзвичайні погодні умови. На період з 1995 по 2015 рр. припадають вісімнадцять кліматичних екстремумів, таких як найбільша добова амплітуда температура повітря, максимальний приріст висоти снігового покриву за добу та ін.

Тенденція до посилення посух, збільшення кількості та тривалості спекотних періодів та посилення пожежної небезпеки, зростає повторюваність та інтенсивність гроз, сильних злив, граду, шквалів спостерігається на більшій частині України [3, 4]. При цьому, опади, які мають зливовий та локальний характер, не забезпечують ефективне накопичення вологи в ґрунті, що може спричинити зростання повторюваності та інтенсивності посух [3].

Статистичні дані щодо надзвичайних ситуацій (НС) в Україні за період з 2016 по 2020 роки відображають невинне зростання кількості надзвичайних ситуацій природного характеру (рис. 1). Зафіксовано збільшення більш ніж у 1,6 рази кількості надзвичайних ситуацій унаслідок пожеж в природних екосистемах [17].



Рис. 1. Динаміка кількості надзвичайних ситуацій природного характеру в Україні

У 2020 році збільшилася масштабність НС та зафіксовано зростання більш ніж у 6 разів суми завданих надзвичайними ситуаціями збитків, насамперед унаслідок НС, пов'язаних із лісовими пожежами, у квітні (Житомирська область та Зона відчуження), липні (Луганська область) та вересні (Харківська та Луганська області), НС спричиненої посухою в Одеській та Вінницькій областях, а також НС унаслідок червневого паводку у західних областях України [17].

Однією з основних проблем, з якими стикається сучасний світ, – є вразливість об'єктів транспортної інфраструктури до впливів зміни клімату. Наприклад, наслідками зростання середньої температури та теплових хвиль є: знос асфальту, колійність та вибоїни; термічне порушення цілісності і пом'якшення дорожнього покриття; деформація (викривлення) залізничних колій; теплове розширення мостів.

Внутрішні водні шляхи можуть серйозно постраждати через зниження рівня води в періоди аномальної спеки. Це може призвести до зменшення кількості судноплавних маршрутів, скорочення періоду навігації, зменшення вантажопідйомності та зростання витрат на паливо (т/км), а також більш частих посадок суден на мілину.

Для авіаційного транспорту, негативний вплив підвищення температури повітря пов'язаний із деформацією злітно-посадкових смуг та погіршенням стану функціонування різних об'єктів інфраструктури аеропортів. Часті екстремальні підвищення температури можуть створювати експлуатаційні проблеми, такі як зростання енергоспоживання літаками на землі.

Для автомобільного та залізничного транспорту негативні наслідки зміни клімату пов'язані, насамперед, зі зростанням кількості небезпечних явищ, таких як туман, сильні зливи, снігові лавини, небезпечні снігопади та хуртовини, піщані бурі. Можливі порушення структурної цілісності доріг, мостів, дренажних систем та тунелів, що може вимагати частішого проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Провідні експерти UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) вважають, що окремі види транспорту і їх інфраструктура – морські порти, аеропорти, залізничні колії, дороги, внутрішні водні шляхи – мають колективну взаємозалежність. При цьому багато країн відносять транспорт до критично важливого сектору інфраструктури. Стійкість кожного виду транспорту до впливу майбутніх погодних умов по всій мережі глобальних ланцюгів поставок

вимагає виявлення і усунення ризиків і вразливостей для різних видів транспорту [16,18].

Як було вище відмічено, вплив клімату на транспортну інфраструктуру варіюється в залежності від різних видів транспорту, географічних місць розташування та умов виникнення подій. Наприклад, суттєве руйнування залізничного полотна, технологічних та адміністративних будівель підприємств транспорту очікується у випадку зростання кількості опадів, і в цьому випадку найбільш руйнівними та вартісними можна вважати підтоплення. В Україні до 20% залізничних колій знаходяться під впливом регіонального підтоплення земель.

Надзвичайні погодні умови стають значною проблемою для різних регіонів України, в тому числі для транспортної інфраструктури (табл.1).

Перші місця за кількістю надзвичайних природних ситуацій в 2020 р. займали Херсонська, Луганська, Закарпатська та Вінницька області [17]. Загалом у 2020 році із Державного бюджету України було виділено 2 689 млн. грн. на попередження та ліквідацію надзвичайних ситуацій.

Несприятливі явища також включають урагани, шторми, підтоплення та підвищення рівня морів. Підвищення рівня морів може мати негативні наслідки для міст та припортових підприємств. Поточна швидкість підйому рівня Чорного моря складає 0,25 см/рік. Темп зростання рівня води в Азовському морі становить 1,5-0,69 мм/рік. Внаслідок глобального підняття рівня Чорного й Азовського морів у зоні затоплення можуть опинитися:

- часткова територія 34 міст (та їх транспортні системи), у тому числі, – Одеса, Херсон, Миколаїв, Маріуполь, Бердянськ, Мелітополь, Керч;
- один автовокзал і шість залізничних вокзалів;
- 5,5 тис. км доріг із твердим покриттям, у тому числі, 217 км – міжнародного та 105 км – національного значення;
- 850 км залізничних шляхів;
- сім морських та чотири річкових порти [2].

Підвищення рівня моря також може призвести до: корозії та деградації портових та портових споруд, прибережних доріг та рейок; ерозії або наростання пляжів (наноси піску); підтоплення та ерозії прибережної транспортної інфраструктури (залізничних колій, автодоріг та мостів).

Надзвичайні погодні умови, спричинені зміною клімату в Україні за 2020 р.

Кліматичний фактор	Область, регіон	Наслідки та збитки
Пилові та піщані бурі	Київська, Чернігівська, Одеська	Зниження видимості на трасі М-07 «Київ-Ковель-Яготин», внаслідок чого сталося масштабне ДТП, у результаті якого загинуло 4 людини. Щорічно від ерозії втрачається від 300 до 600 млн. т ґрунту.
Урагани та торнадо	Кіровоградська, Донецька, Тернопільська	Пошкодження ліній електропередачі, трубопроводу газопостачання, приватних будинків та автомобілів. Обмеження руху на дорогах місцевого значення внаслідок падіння дерев.
	Миколаївська	Пошкоджено понтонний пішохідний міст та понтонний автомобільний міст через р. Інгул. Тимчасово припинено рух великовантажного транспорту по Варварівському та Інгульському мостах та рух тролейбусних маршрутів у місті Миколаїв.
Сильні зливи та град	Вінницька	Розмите дорожнє покриття протяжністю 15 500 кв.м.
	Харківська, Полтавська, Сумська, Запорізька	Розмиття дорожнього полотна. Обмеження руху на дорогах місцевого значення внаслідок падіння дерев. Пошкодження транспортних засобів внаслідок граду.
Повені	Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська, Чернівецька	Понад 3 млрд. грн. збитків. Зруйновано та пошкоджено понад: 940 км автодоріг; 140 км берегоукріплень та 20 км дамб; 300 мостів.
Посухи	Одеська, Миколаївська, Херсонська	6649,88 млн. грн. збитків. Значно знизилась середня врожайність зернових культур. Експорт кукурудзи утрічі менший за 2019 р.
Масштабні пожежі	Житомирська	Понад 590 млн. грн. збитків.
	Луганська	Понад 284 млн. грн. збитків.
	Чорнобильська зона	Понад 8 млрд. грн. збитків.

Адаптаційні заходи мають бути спрямовані на зменшення вразливості та підвищення стійкості транспортної системи до дії кліматичних факторів. Це передбачає як фізичну міцність і довговічність інфраструктури, яка дозволяє їй витримувати несприятливий вплив, так і можливість швидкого відновлення з мінімальними витратами.

Адаптація транспорту до зміни клімату означає вжиття заходів для підготовки та пристосування як до поточних наслідків зміни клімату, так і до прогнозованих наслідків в майбутньому. Потенційна зміна клімату повинна враховуватися при плануванні, проектуванні, будівництві та експлуатації транспортної інфраструктури.

Цикл адаптації відповідно до Режиму ООН в області зміни клімату складається з чотирьох ключових компонентів:

1. Оцінка ступеня впливу зміни клімату на природні системи, факторів уразливості і ризиків для суспільства.

2. Планування заходів щодо адаптації та їх оцінка, включаючи вивчення необхідних витрат

і потенційних переваг. Проведення всебічного планування покликане запобігти дублюванню заходів, їх неповну реалізацію, а також сприяти сталому розвитку.

3. Реалізація заходів з адаптації на національному, регіональному та місцевому рівнях. Виконання проектів, профільних програм або стратегій, окремих заходів і комплексних підходів, що враховуються в стратегічних рішеннях і планах зі сталого розвитку.

4. Проведення моніторингу та оцінки заходів з адаптації. Використання отриманих знань, інформації і досвіду для забезпечення успіху заходів щодо адаптації в подальшому. Облік прогресу в здійсненні заходів та вивчення ефективності проведених дій.

У 2019 році вісімнадцять країн завершили та подали свої національні плани адаптації до Секретаріату Рамкової конвенції ООН про зміну клімату.

Аналіз поточної кліматичної ситуації в Україні та оцінка наслідків кліматичних загроз показують необхідність розробки комплексу

інтегрованих стратегічних рішень на національному, регіональному та місцевому рівнях. Національний план дій з адаптації до наслідків зміни клімату базується на положеннях [11]:

1. Закону України «Про ратифікацію Паризької угоди».

2. Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».

3. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 07.12.2016 № 932-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року».

4. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 06.12.2017 № 878-р «Про затвердження плану заходів щодо виконання Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року».

5. Стратегії низько вуглецевого розвитку України до 2050 року, схваленої протокольним рішенням засідання Кабінету Міністрів України 18.07.2018.

Восени 2021 р. в Україні ухвалено Стратегію екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року, яка розроблена з метою підвищення рівня екологічної безпеки, зменшення впливів та наслідків зміни клімату. Відповідно до національної стратегії адаптації транспорт визнано одним із секторів, який до 2024 р. повинен пройти аналіз своєї вразливості щодо кліматичних ризиків, з якими він стикається. На базі цього дослідження планується розробити заходи з адаптації, які стануть пріоритетними у галузевих та місцевих планах адаптації [19].

Розробка стратегії пристосування національної транспортної системи до зміни клімату дозволить зменшити потенційні збитки, скористатися можливостями та впоратися з наслідками надзвичайних явищ. До того ж транспорт є безпосереднім засобом ліквідації наслідків різних аварій та технічних збоїв, і забезпечує виконання гуманітарних задач і операцій. Попереджувальне ставлення до надзвичайних ситуацій природного характеру є основою формування стратегічних рішень на національному рівні.

Основні етапи стратегічного підходу до кліматичних ризиків на транспорті передбачають:

1. Визначення типів та характеру впливу ризиків.

2. Оцінка уразливих географічних територій, складання переліку конкретних об'єктів транспорту та ресурсів (елементів).

3. Аналіз стійкості транспортної системи залежно від інтенсивності виникнення надзвичайних погодних умов.

4. Прогнозування розвитку ситуації залежно від наслідків та загроз.

5. Визначення плану заходів, необхідного для досягнення кліматичної безпеки.

6. Ефективне використання всіх видів ресурсів для захисту об'єктів транспорту.

7. Реалізація комплексу заходів для взаємодії уряду, регіональних та місцевих органів влади і підприємств транспорту на всіх рівнях управління.

8. Перегляд та внесення коректив у держані будівельні норми (ДБН).

9. Підготовка необхідних нормативно-правових актів.

10. Підвищення ефективності проектування та експлуатації транспортної інфраструктури.

Процес оцінки кліматичного ризику починається з визначення потенційної кліматичної небезпеки, якій піддається транспортна система, її уразливих активів (персонал, інфраструктура та нерухомість, ресурси та ін.), а також наслідків, які кліматичні небезпеки можуть спричинити в цьому місці для заданого відрізка часу T :

$$R = \sum_j \sum_k \sum_m (N_j, S_k, C_m, T), \quad (1)$$

де N_j – кліматична небезпека;

S_k – уражений транспортний актив (об'єкт);

C_m – наслідки від настання кліматичного ризику;

j, k, m – різні типи, активи та категорії відповідно.

Основою для оцінки ризиків в короткочасній перспективі є поточна ситуація, а клімат на майбутнє базується на очікуваних майбутніх кліматичних змінах.

Залежно від наслідків та ресурсів, необхідних для їх мінімізації, доцільно виділити такі рівні забезпечення кліматичної безпеки: національний, регіональний, місцевий, об'єктовий (рис. 2).

Ідентифікація ризику – це формування та дослідження ланцюгу «небезпека – актив – наслідки», який може розглядатися як базова одиниця для подальшого аналізу. Практичні дослідження здебільшого зосереджені на безпосередньому ризику від одного конкретного типу кліматичної небезпеки, наприклад, прямих економічних втрат від повені. Деякі кліматичні небезпеки відбуваються одночасно або послідовно, тобто одна за одною (каскадні події), що може призвести до більш серйозних наслідків. М. Leonard та ін. [20] визначають складні небезпеки «як дві або більше екстремальних подій, що відбуваються одночасно, тобто в один і той же день і в одному регіоні». Крім того, зміна

клімату може збільшити виникнення множинних кліматичних небезпек. Наприклад, пошкодження об'єктів енергетичної системи можуть викликати вторинний ризик для місцевої транспортної системи, яку обслуговує енергетична система. Отже, потрібен аналіз взаємозв'язків між елементами транспортної системи та оцінка

наслідків можливого припинення їх функціонування на довготривалий період.

Під гнучкістю транспортної системи розуміють її здатність адаптуватися до зміни умов функціонування з урахуванням технічних можливостей транспортних засобів та технології виконання операцій, пов'язаних з доставкою вантажів та пасажирів.



Рис. 2 – Адаптація транспорту до кліматичних ризиків

Пропонується загальну оцінку доцільності адаптаційних заходів до кліматичних ризиків E_A представити у вигляді:

$$E_A = F(\{Z_i\}, \{V_i\}, \{W\}_i, \{P_i\}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

де Z_i, V_i, W_i, P_i – економічна, технічна, технологічна та соціальна ефективності відповідно на i -му рівні (масштаб) адаптації;

$i = \overline{1, n}$ – рівень впровадження адаптаційних заходів.

Заходи адаптації можуть варіюватися від місцевого до регіонального масштабів, а їх часові горизонти – від короткострокових до довгострокових. Вони можуть бути тактичними або стратегічними; спрямовані на негайний, відстрочений або кумулятивний ефект; і можуть охоплювати дуже різні результати (пом'якшення, запобігання та зменшення ризику).

Стратегічні заходи адаптації транспортної системи до кліматичних ризиків формуються за рахунок реалізації комплексу організаційних, технічних, будівельних та економічних рішень:

1. Оновлення заходів з технічного обслуговування об'єктів транспорту та інфраструктури:
 - контроль розмірів дорожніх конструкцій;
 - перевірка стану дренажних труб;
 - контроль рівня води;

- планування швидкого ремонту та відновлення функціонування інфраструктури для випадків надзвичайних ситуацій, яким не можна запобігти.

2. Розробка і ухвалення нових норм для планування і будівництва доріг:
 - впровадження принципів зеленого будівництва;
 - розробка та реалізація стратегії реконструкції і модернізації транспортних комунікацій з альтернативними комбінаціями щільності забудови, висоти та кольору будівель, а також роєвності (дерева біля будівель).
 - обов'язкове використання сучасних будівельних матеріалів, стійких до змін клімату (наприклад, вуглеводневих сумішей, які не допускають деформації за екстремальних температур);

3. Підготовка плану усунення наслідків надзвичайних природних ситуацій:
 - забезпечення роботи аварійно-рятувальних служб на регіональному рівні;
 - формування спеціальних бригад на рівні транспортних підприємств;
 - розробка алгоритму взаємодії аварійно-рятувальних служб та бригад оперативного реагування;

– створення умов, необхідних для успішного проведення рятувальних робіт;

– закупка техніки, обладнання та інвентаря, необхідного для ліквідації негативних наслідків.

4. Впровадження альтернативних маршрутів і транспортних засобів у разі надзвичайних подій:

– поширення мультимодальних перевезень;

– будівництво нової або додаткової інфраструктури;

– використання сучасних захисних матеріалів (наприклад, стабілізація та озеленення схилів доріг за допомогою геотекстилю) для пом'якшення негативного впливу сильних опадів і т. ін.

Управлінні ризиками екстремальних подій внаслідок зміни клімату базується на двох важливих складових: кліматичні дані та знання. Надання та отримання точної інформації сприяє розробці кращої стратегії та отриманню більших переваг. Приймаючи рішення, керівники різних рівнів покладаються на кліматичні дані, які мають бути не тільки корисними, але й практичними, тобто придатними до застосування. Отже, під час цього процесу необхідні як наукові знання, так і практичний досвід роботи місцевих транспортних систем. У зв'язку з цим зростає попит на відповідні компетентності спеціалістів інжинірингу ризиків і криз, які здатні організувати виробничо-технологічну, організаційно-управлінську діяльність на підприємствах транспорту в умовах невизначеності та вразливості; вміють здійснювати науково-дослідну, технологічну та проектну роботи з метою формування комплексних стратегічних рішень по врахуванню кліматичних ризиків, беручи до уваги важливість міждисциплінарних зв'язків у сучасному світі. Також важливі навички *soft skills*, які є важливою складовою керівництва та напруження управлінських рішень при розробці планів дій транспортних підприємств у надзвичайних кліматичних ситуаціях.

Окремою задачею є стратегія розвитку міської транспортної системи в умовах зміни клімату. Сучасні заходи адаптації для зменшення локальних кліматичних ризиків у міському середовищі потребують вирішення наступних питань: просторове планування та оптимальна міська геометрія; збільшення частки парків і міських лісів; використання будівельних матеріалів з підвищеним відбиттям сонячного (короткохвильового) випромінювання, які сприяють зниженню температури поверхні і повітря; обмеження руху транспорту в компактних міських районах. Позитивним є досвід зарубіжних країн,

у яких банки частіше стали пропонувати підприємствам і населенню такі продукти, як «зелені» іпотеки та автокредити. Вони надаються при придбанні екологічно чистих автотранспортних засобів; на покупку більш енергоефективних матеріалів; для стимулювання енергоефективного ремонту будівель у Європі. У сфері таких кредитів також було здійснено міжнародні ініціативи для вироблення загальних стандартів. У 2018 році Європейська іпотечна федерація – Європейська рада забезпечених облігацій (EMF-ECBC) запустила новаторський проект за участю низки європейських банків, який називається План дій з енергоефективної іпотеки.

Разом із адаптаційними заходами до зміни клімату на транспорті не можна не відзначити зворотний процес – необхідність підвищення рівня екологічної безпеки, насамперед, автомобільного транспорту, зниження його впливу на навколишнє середовище, життєдіяльність людини та її здоров'я. Позитивні зрушення в напрямку декарбонізації вже здійснюються, наприклад, за рахунок переходу на альтернативне паливо.

Аналіз досліджень показує, що неможливо запобігти чи мінімізувати всі потенційні втрати та збитки, отримані внаслідок надзвичайних природних ситуацій. Важливо розуміти, що транспортна система має доволі розгалужену мережу, модернізація якої потребує значних матеріальних витрат і часу, невідповідність різноманітних норм і стандартів, все це обмежує її адаптаційний потенціал. Тому важливо вирішити проблему залишкових втрат і збитків, яких важко уникнути шляхом пом'якшення та адаптації, особливо для тих регіонів України, які найбільш вразливі до впливу надзвичайних погодних умов.

З метою захисту транспортної інфраструктури від негативного впливу кліматичних ризиків необхідною є розробка нормативно-правової бази із врегулювання взаємодії держави та транспортно-логістичних компаній недержавної форми власності, узгодження їх дій, відповідальності, господарських та фінансових зобов'язань у цій сфері діяльності.

Розробка планів дій транспортно-логістичних підприємств у надзвичайних кліматичних ситуаціях повинна враховувати попереджувальне ставлення до ризиків та включати зелений порядок денний у бізнес-моделі та довгострокові стратегії. Здатність запобігти кліматичним ризикам можна підкріпити, використовуючи методи антикризового управління. Антикризове управління – це безперервна діяльність, яка починається з оцінки внутрішніх і зовнішніх

даних, які можуть сигналізувати про потенційні небезпеки, та базуватися на таких діях:

1. Призначення керівника та створення команди реагування на проблеми, пов'язані з довгостроковими заходами щодо мінімізації негативного впливу надзвичайних кліматичних ситуацій.

2. Залучення необхідних внутрішніх і зовнішніх ресурсів для підтримки цієї команди.

3. Використання методів сценарію та планування на випадок надзвичайних кліматичних ситуацій, щоб допомогти пом'якшити потенційні наслідки.

4. Розробка та, за необхідності, залучення до програми комунікації із зацікавленими сторонами.

Щоб забезпечити своє довгострокове виживання, транспортно-логістичні компанії повинні почати трансформацію з кліматичними ініціативами та рішеннями. Згідно з дослідженнями Boston Consulting Group на частку таких секторів, як авіація, автомобільний транспорт великої вантажопідйомності та морські перевезення, припадає приблизно 95 % всіх викидів від вантажного транспорту, що у 2019 році склало більше 4 гігатон двоокису вуглецю. Світовий досвід показує, що транспортно-логістичні компанії, які реалізують плани скорочення викидів двоокису вуглецю, вже отримали значне зростання загального річного прибутку акціонерів.

Загалом адаптацію до наслідків зміни клімату необхідно планувати міжсекторально за видами транспорту, паралельно у різних регіонах та на кількох рівнях. При цьому можуть бути використані профільні програми, проекти або стратегії.

Висновки

Проведено дослідження кліматичних змін в світі і Україні, які вказують на необхідність нових дієвих методик та пропозицій, що врахували б особливості функціонування вітчизняної транспортної системи та забезпечили впровадження концепції стратегічного підходу до управління транспортом в умовах кліматичних ризиків.

Запропоновано попереджувальне ставлення до надзвичайних ситуацій природного характеру в якості основи формування стратегічних рішень на національному рівні.

Сформульовані основні етапи стратегічного підходу до кліматичних ризиків на транспорті.

Визначено стратегічні заходи адаптації транспортної системи до кліматичних ризиків, що формуються за рахунок реалізації комплексу

організаційних, технічних, будівельних та економічних рішень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кондрат В. Ф. Торнадо в Україні [Електронний ресурс] / В. Ф. Кондрат, Я. Й. Лопушанський // Збірник наукових праць «Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності». – №12, 2015. – С.132-141. – Режим доступу:

<https://ldubgd.edu.ua/scientific-herald/ldu-bzhd/no12-2015>

2. Голубцов О. Г. Вода близько. Підвищення рівня моря в Україні внаслідок зміни клімату (повний звіт за результатами дослідження) [Електронний ресурс] / О. Г. Голубцов, А. П. Біатов, О. Ю. Селіверстов, С. С. Садогурська // Центр екологічних ініціатив «Екодія». – 2018. – Режим доступу: <http://ecoaction.org.ua/voda-blyzko-report.html>

3. Шевченко О. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна / О. Шевченко, О. Власюк, І. Ставчук, М. Ваколюк, О. Ілляш, А. Рожкова // Кліматичний форум східного партнерства (КФСП) та Робоча група громадських організацій зі зміни клімату (РГ НУО ЗК). – 2014. – 61 с. – Режим доступу: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf

4. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. – К.: НІСД. – 2020. – 110 с.

5. Нечипоренко О. М. Управління ризиками глобальних змін клімату в агропромисловому комплексі України [Електронний ресурс] / О.М. Нечипоренко // Економіка АПК. – 2020. – № 4 – С. 6-16. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004006>

6. Степаненко С.М. Оцінка кліматичних ризиків для галузей економіки України в умовах глобальних змін клімату [Електронний ресурс] / С. М. Степаненко та ін. – Звіт про НДР. – ДР№ 0113U000629. – 2016. – 453 с. – Режим доступу: <http://eprints.library.odku.edu.ua>

7. Рябченко О. О. Економічні рішення в умовах ризиків кліматичних змін / О. О. Рябченко, Н. А. Герасименко // Інвестиції: практика та досвід. – 2015. № 22. – С. 105–109.

8. Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг: кол. моногр. / В. М. Самсонкін, І. В. Ніколаєнко, Ю. В. Булгакова та ін.; за ред. В. М. Самсонкіна та І. В. Ніколаєнко. – Київ: Талком. – 2021. – 312 с.

9. Проць Н. Кліматична безпека: сутність та необхідність фінансового забезпечення [Електронний ресурс] / Н. Проць // Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – 2018. – № 1. – С. 142-148. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/echcenu_2018_1_22

10. Шевченко О. Сучасні шляхи врегулювання глобальної зміни клімату [Електронний ресурс] / Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Міжнародні відносини. – 2018. № 47-48. – С. 70-77. – Режим доступу:

<http://journals.iir.kiev.ua/index.php/knu/article/viewFile/3589/3264>

11. Ніколаєнко, І. В. Адаптація до кліматичних ризиків на транспорті / І. В. Ніколаєнко, М. В. Хара, М. Ю. Шоуба // Актуальні проблеми безпеки на транспорті, в енергетиці, інфраструктурі. Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції. Херсон. 8-11 вересня 2021 р. – С. 242-243.

12. Овчиннікова В. О. Адаптивне управління залізничним транспортом України / В. О. Овчиннікова, І. М. Харламова // Науковий вісник Ужгородського національного університету : серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство / голов. ред. М. М. Палінчак. – Ужгород : Гельветика. – 2017. – Вип. 15 № Ч.2. – С. 55-59.

13. Янченко Н. В. Забезпечення стійкого розвитку підприємств залізничної галузі за рахунок адаптивного управління [Електронний ресурс] / Н. В. Янченко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2013. – Вип. 43. – С. 230-234. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2013_43_49

14. Mahpour A. Incorporating Climate Change in Pavement Maintenance Policies: Application to Temperature Rise in the Isfahan County, Iran / A. Mahpour, T. El-Diraby // Sustainable Cities and Society. – August 2021. – Volume 71. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102960>.

15. Wang T. Climate change research on transportation systems: Climate risks, adaptation and planning / T. Wang, Z. Yang, G. Clark, T. Nichol, Y.-en Ge // Transportation Research Part D Transport and Environment. – November 2020. – Volume 88. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102553>.

16. Izaguirre C. Climate change risk to global port operations / C. Izaguirre, I. Losada, P. Camus, J. Vigh, V. Stenek // Nature Climate Change. – 2021. – 11, 14–20. – Mode of access: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00937-z>.

17. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні у 2020 році [Електронний ресурс] : Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). – 14.01.2021.– Режим доступу: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-zakvartal/119288.html>

18. Ng A.K.Y. How is Business Adapting to Climate Change Impacts Appropriately? Insight from the Commercial Port Sector / Ng, A.K.Y., Wang, T., Yang, Z. et al. // Journal of Business Ethics. – 2018. – 150. – pp. 1029–1047. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s10551-016-3179-6>.

19. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2021, № 1363-р.– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#top>

20. Leonard M. A compound event framework for understanding extreme impacts / M. Leonard, S. Westra, A. Phatak, M. Lambert, B. Van den Hurk, K. McInnes, J. Risbey, S. Schuster, D. Jakob, M. Stafford-Smith // Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. – 5 (2014), pp. 113-128. – Mode of access: <https://doi.org/10.1002/wcc.252>.

Надійшла до редколегії 20.04.2022.
Прийнята до друку 30.04.2022.

I. NIKOLAIENKO, M. KHARA, I. MANYK

STRATEGIC APPROACH TO CLIMATE RISKS IN TRANSPORT

Purpose. The aim of the work is to study the climate risks problem in transport systems and to form recommendations for strategic decisions on the adaptation of transport in Ukraine to the occurrence of adverse effects as a result of climate hazard. **Research methods.** The research has been carried out with the statistical analysis and synthesis methods. **Results.** The study of climate change in the world and Ukraine, which indicates the need for new effective methods and proposals that would take into account the peculiarities of the national transport system and ensure the implementation of the strategic approach concept to transport management in climate risks, has been carried out. A precautionary attitude to extreme weather is the basis for the strategic decisions formation at the national level. The main stages of the strategic approach to climate risks in transport have been formulated. **Scientific novelty.** The results of the study allow to form the scientific basis of the development strategy of Ukrainian transport industry in the conditions of natural dangers and risks growth. **Practical significance.** This paper determines the strategic measures of adaptation of the transport system to climatic risks, which are formed due to the implementation of a set of organizational, technical, construction and economic decisions. The results can be used in the development of management plans for transport and logistics companies in climate hazard.

Keywords: adaptation, infrastructure, climate risk, extreme weather, precautionary attitude, strategy, transport.

УДК 656.025.4

А. М. ОКОРОКОВ^{1*}, Р. В. ВЕРНИГОРА^{2*}, Ю. І. ОКОРОКОВА^{3*}, О. О. ЧЕРНОВА^{4*}

^{1*}Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-04, ел. пошта andrew.okorokoff@gmail.com, ORCID 0000-0002-3111-5519

^{2*}Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, ул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373 15 12, ел. пошта rv.vernigora@gmail.com, ORCID 0000-0001-7618-4617

^{3*}Відділ забезпечення якості освіти, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-04, ел. пошта okorokovajulia2704@gmail.com, ORCID 0000-0002-7904-1635

^{4*}Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 631-89-06, ел. пошта olia.chemnova@gmail.com, ORCID 0000-0001-9115-0706

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ГУМАНІТАРНИХ ХАБІВ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

Мета. Метою роботи є аналіз сучасного стану гуманітарної ситуації в Україні в умовах військової агресії та розробка шляхів для покращення цієї ситуації за рахунок створення нових та розвитку існуючих транспортних хабів, які розташовані як на західному кордоні країни, так і в центральних районах. **Методика.** В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення наявної інформації щодо поточного стану та тенденцій подальшого розвитку логістичних та гуманітарних хабів як на західному кордоні, так і в середині країни. Агрегація та інтелектуальний аналіз інформації для визначення перспективних напрямків розвитку логістичної мережі. **Результати.** Невизначена ситуація, яка наразі склалася в роботі морських портів, спонукає державу до пошуку альтернативних шляхів експорту-імпорту сировини та готової продукції. Для вирішення цього питання також доцільно розвивати мережу транспортних хабів біля західного кордону. Наразі в Україні створено 31 обласний хаб гуманітарної допомоги, лідерами за кількістю є Запорізька область – 5 хабів, а також Київська та Івано-Франківська – по 2 хаби. Решта областей мають по 1 хаб. Недостатньою лишається кількість хабів у прикордонних районах, особливо зважаючи на різку зміну напрямів основних вантажопотоків – зернових вантажів та металу. Наразі станом на березень 2022 року середньодобова потреба у перевезеннях в напрямку ЄС сягає 8000 вагонів на добу, отже, необхідно терміново вирішити питання щодо розвитку як існуючої системи з заміни візків, так і створення додаткової перевантажувальної інфраструктури. **Наукова новизна.** Авторами агрегована та систематизована інформація щодо існуючої системи транспортних хабів для забезпечення існуючих та перспективних обсягів перевезення як гуманітарних, так і промислових експортно-імпортних вантажів. **Практична значимість.** Одержані результати дозволяють підвести наукове підґрунтя під концепцію створення та розвитку системи гуманітарно-логістичних хабів для підвищення ефективності переміщення вантажних потоків.

Ключові слова: гуманітарний хаб, вантажопотік, військова агресія, перерозподіл вантажопотоків, прикордонна інфраструктура, гуманітарний стан.

Вступ

Військова агресія Російської Федерації проти України спричинила в ряді регіонів нашої країни важку гуманітарну кризу. Військовий наступ спричинив масове переміщення населення як всередині країни, так і за її межі. В той же час наразі має місце потужна підтримка з боку країн Європейського Союзу у вигляді постачання широкої номенклатури товарів першої необхідності, що потребує сучасного логістичного забезпечення та максимально швидкого просування до постраждалих районів.

Не дивлячись на наявність розвинутої портової інфраструктури [1], її використання наразі не є доступним, оскільки має місце повна блокада морських шляхів з боку держави-агресора. В цих умовах найбільш привабливим варіантом

виглядає розвиток альтернативного шляху постачань в Україну – через західні кордони, з використанням усіх доступних видів транспорту.

Основні визначення, методи та принципи гуманітарної логістики

Гуманітарна логістика є сектором логістики, що спеціалізується на організації доставки та складування витратних матеріалів під час стихійних лих або складних надзвичайних ситуацій в постраждалих районах і до постраждалих людей. Незважаючи на те, що логістика в основному використовується в комерційних ланцюжках постачань, вона є одним з найбільш важливих інструментів в операціях по ліквідації наслідків як стихійних лих, так і військових дій. Тип і кількість ресурсів, спосіб закупівлі, транспортування і зберігання витратних матеріалів,

інструменти відстеження і засоби транспортування до постраждалого району, спеціалізація команд, що беруть участь в операції і план співпраці між цими командами тощо – все це важливі питання, які безпосередньо пов'язані з гуманітарною логістикою [2].

Основні відмінності гуманітарної логістики від класичної полягають в наступному [3]:

- гуманітарна логістика функціонує в умовах криз, які часто майже неможливо передбачити (особливо при веденні бойових дій з рухливою лінією фронту та непередбачуваним напрямком руху військових сил);

- необхідність швидкого реагування на кризову ситуацію для запобігання поглибленню та посиленню її наслідків (розповсюдженні інфекцій, забруднення навколишнього середовища);

- непередбачуваний попит на великі обсяги та широкий діапазон продуктів та послуг;

- невизначеність обсягу та брак матеріальних ресурсів на початку реагування;

- невизначеність стану інфраструктури на початку реагування;

- непередбачуване робоче середовище.

Слід зазначити, що українські гуманітарні, волонтерські та військові організації вже мають значний досвід організації та проведення гуманітарних операцій, а також організації гуманітарних хабів, які показали високу ефективність взаємодії між військовими та цивільними адміністраціями. Слід зазначити, що при здійсненні гуманітарних акцій під час військових дій, військові є активною стороною, за сприяння якої здійснюються ефективні операції з гуманітарної логістики [4]. Починаючи з 2014 року, в Україні була проведена велика кількість гуманітарних операцій спільно військовими та громадянськими адміністраціями, що дало можливість забезпечити відносно нормальне життя більш ніж 5,2 мільйонам населення постраждалих регіонів Східної України [5].

Сучасний стан гуманітарної ситуації в Україні

Станом на квітень 2022 року вздовж північних, східних та південних кордонів України велись активні бойові дії, що були зосереджені на декількох основних напрямках (рис. 1):

- на півночі – місто Київ та прилеглі регіони;
- на сході – міста Суми, Харків та вздовж всієї лінії розмежування у Донецькій та Луганській областях, особливо район Маріуполя;
- на півдні – міста Херсон та Миколаїв.

Саме ці регіони наразі є такими, що найбільш потерпають від гуманітарної кризи, отже саме їх

доцільно розглядати в якості пунктів першочергового постачання гуманітарних вантажів. В той же час на основі даних, доступних у відкритих джерелах, підраховано, що щонайменше 1 мільйон осіб були нещодавно переміщені всередині України. За різними оцінками, 12 мільйонів людей, які живуть у постраждалих районах, не бажають чи не можуть залишити територію через військові дії, підвищені ризики для безпеки, руйнування мостів і доріг, а також через відсутність ресурсів чи інформації про безпечні локації та житло. Очікується, що протягом наступних кількох місяців понад 6,7 млн осіб можуть стати внутрішньо переміщеними особами [7]. Наразі основними пунктами концентрації внутрішньо переміщених осіб є регіони Західної та, частково, Центральної України, що також необхідно враховувати при плануванні розподілу гуманітарної допомоги.

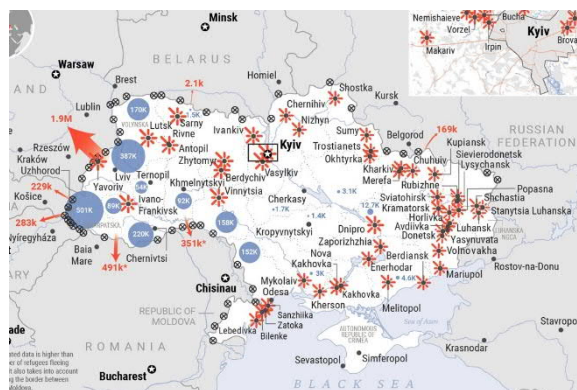


Рис. 1. Регіони, постраждалі в результаті військової агресії РФ [6]

Окремим пунктом слід виділити постачання в Україну паливно-мастильних матеріалів, що є критично важливим як для гуманітарної та військової сфери, так і для забезпечення потреб сільського господарства, пересічних громадян тощо. Систематичні ракетні обстріли критичної інфраструктури всередині країни, зокрема такої як Кременчуцький нафтопереробний завод та нафтобази більшості великих міст України, вивели це питання у розряд найбільш важливих та актуальних. Наразі постачання паливно-мастильних вантажів здійснюється здебільшого через Польсько-Український кордон автотранспортом без перевантаження на прикордонних ділянках із безпосереднім розвезенням до місць призначення. Відсутність опорної бази із зберігання нафтопродуктів не дає можливості створити оперативні запаси та в кінцевому результаті призводить до значного здорожчання логістики та виникнення хронічного дефіциту палива в регіонах України. Крім того, обмежена пропускна здатність прикордонних пунктів також не

сприяють виправленню ситуації [8]. Навіть за наявності закупленого пального, його постачання в Україну є складною та вартісною задачею [9].

Додатково ускладнює роботу з обробки вантажопотоку масове переміщення великих обсягів товарних запасів з східних та центральних регіонів до Західної України. Великі логістичні компанії, перш за все з Києва та Київської області перекинули більшість своїх запасів до західних кордонів, побоюючись втрат через можливі атаки на складські площі [10].

Аналіз логістичного забезпечення перевезення гуманітарних вантажів

Наразі ситуація з логістичним забезпеченням транспортування гуманітарної допомоги, що у перші дні війни мала дещо стихійний характер, у травні-червні починає набувати організованого характеру. Схема виглядає наступним чином – гуманітарна допомога з більшості країн Європейського Союзу концентрується на східних кордонах, здебільшого в Польщі (Пшемисль, Хелм), та у значно менших обсягах у Румунії (Галац), що зазначено в табл. 1 [11].

Таблиця 1

Розташування основних гуманітарних хабів на території країн ЄС

Країна	Адреса	Тип хабу	Тип складу
Польща	Przemysl, INGLOT, Lwowska, 154 37-700	Для волонтерів, Палети + насипом	Палети + насипом
Польща	GREINPLAST Warehouse Stefana Batorego str. 22A	Гуманітарний	Авто
Польща	HELP UKRAINE, Mełgiewska 29 hala B / Rama T3, 20-234 Lublin, Polska	Гуманітарний	Вантажівки
Румунія	5R63+3JP Тульча, Румунія 45°09'36.8"N 28°48'14.7"E Tulcea, strada Viticulturii	Гуманітарний	Авто
Румунія	47°57'17.1"N 26°04'39.6"E Siret	Гуманітарний/Військовий	Вантажівки
Румунія	Romania, judetul Tulcea, mun.Issaccea, str.Avram Iancu 46	Гуманітарний	Вантажівки
Словаччина	Eisnerova 64, 84107, Devinska Nova Ves Obchodne centrum "Glavica" Bratislava	Гуманітарний	Вантажівки
Словаччина	AURORA BOREALIS LLC Kupelska 99, 07301, Sobrance	Гуманітарний	Авто
Швеція	Sveavägen 160, Stockholm	Гуманітарний	Вантажівки
Швеція	Solögat Chamania (charity fund) Alfred Nobels allé 7, 141 52 Huddinge	Гуманітарний	Вантажні автобуси

Такий дисбаланс викликаний перш за все конфігурацією лінії фронту та наявністю доступних шляхів сполучення, що наразі значно ускладнює постачання гуманітарної допомоги з боку Румунії далі меж Одеської та Миколаївської областей (рис. 2).



Рис. 2. Мапа бойових дій на 28.06.2022 [12]

Враховуючи постійну можливість висадки російського морського десанту в районі Одеси та Чорноморська, а також продовження активних бойових дій в районі міста Миколаїв з можливим просуванням військ РФ на північ, в бік Кривого Рогу, розвиток південного гуманітарного напрямку з Румунії виглядає менш перспективним, ніж напрямки з території Польщі.

Наразі українські перевізники, які продовжили працювати під час війни, швидко переорієнтувалися на доставку найнеобхіднішого – гуманітарних вантажів. Наприклад, лише за місяць війни лише однією компанією ZAMMLER було здійснено понад 120 гуманітарних рейсів, враховуючи внутрішні та міжнародні; при цьому транспортувалось продовольство, ліки, одяг, засоби гігієни, амуніція та товари для військових – здебільшого із заходу України до Києва, та з Польщі і Нідерландів — до Львова [13]. Вже на цьому прикладі можна побачити, що

кінцевим пунктом гуманітарних поставок та найбільшим гуманітарним логістичним регіоном є західні регіони України, до яких йдуть основні поставки, та звідки вони розповсюджуються далі по території України.

Центри тяжіння та транспортне забезпечення

Наразі основним видом транспорту, що забезпечує переміщення гуманітарних вантажів залишається автомобільний, оскільки поставки до кордону виконуються обмеженими партіями з різних країн. Після перетину кордону партії вантажів розподіляються по областях та напрямках, відповідно до потреб. Розподіл обсягів гуманітарних вантажів та виду транспорту, яким вони перевозяться, демонструють діаграми, наведені на рис. 3.

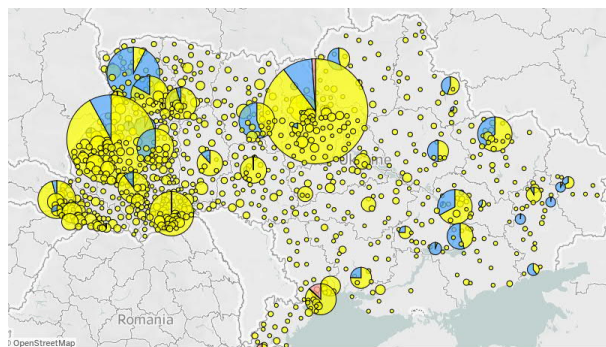


Рис. 3. Розподіл обсягів переробки гуманітарної допомоги [11]

На рис. 3 жовтим кольором позначені обсяги перевезення автомобільним транспортом, а синім – залізничним транспортом.

Щодобові обсяги перевезень гуманітарних вантажів автомобільним та залізничним транспортом наведені на рис. 4.



Рис. 4. Розподіл обсягів перевезення гуманітарної допомоги по видах транспорту [11]

Наразі в Україні створено 31 обласний хаб гуманітарної допомоги, лідерами за кількістю є Запорізька область – 5 хабів, а також Київська та Івано-Франківська – по 2 хаби. Решта областей мають по 1 хабу [11].

Поточна ситуація з розподілом гуманітарних вантажів базується здебільшого на пунктах переробки, що виникли стихійно, та має ряд недоліків, зокрема одним з наслідків такої схеми транспортного забезпечення є те, що вантаж в країну поступає фактично у тому вигляді, у якому він був зібраний у країні походження. Внаслідок цього виникає потреба у додатковому сортуванні вантажу вже на місці призначення та частковому відправленні товарів, у яких на місці немає потреби, далі, або у зворотному напрямку. Також у деяких випадках виникає необхідність митного оформлення вантажів (хоча й у спрощеному форматі) на кордоні з Україною, що також викликає затримки та ускладнює процедуру постачання.

Для ліквідації зазначених недоліків та усунення перепон на шляху просування гуманітарної допомоги пропонується змінити існуючі транспортні схеми постачання.

В якості альтернативи існуючій та, в певній мірі, стихійно сформованій мережі регіональних гуманітарних хабів пропонується поступова

концентрація логістичних вантажопотоків у мережі гуманітарних хабів із потенційним широким залученням залізничного транспорту до перевезення гуманітарних вантажів по території України.

Авторами пропонується наступний варіант обробки та просування гуманітарних вантажів:

1. Просування гуманітарних вантажів здійснюється шляхом організації ешелонованої системи логістичних хабів; при цьому пропонується створення трьох таких ешелонів:

- стратегічні гуманітарні логістичні хаби біля західних кордонів України – Ужгород (Словаччина), Чоп (Угорщина), Львів (Польща), Вадул-Сірет (Румунія) та на південному напрямку – Ізмаїл (Румунія) з метою загальної концентрації інформації та первинного розподілу вантажів;

- хаби тактичного призначення в західних та центральних регіонах України (Одеса, Кривий Ріг, Дніпро, Київ, Вінниця), з метою конкретизації замовлень та детального розподілу вантажів;

- хаби оперативного призначення (Суми, Чернігів, Харків, Миколаїв, Полтава) – безпосередньо в місцях розподілу та споживання гуманітарної допомоги.

2. У стратегічних гуманітарних логістичних хабах, що розташовані біля західного кордону, концентрується оперативна інформація щодо

потреб хабів тактичного призначення та виконується формування великих партій замовлень, які доставляються з боку західного кордону вантажівками або залізничним транспортом, та після переробки відправляються до хабів стратегічного призначення з використанням залізничного транспорту.

3. У тактичних гуманітарних логістичних хабах концентрується інформація щодо потреб хабів оперативного призначення, розформовуються великі партії, що були доставлені залізничним транспортом, та відбувається формування замовлень. Сформовані замовлення перевозяться до хабів оперативного призначення за допомогою як залізничного (на напрямках, де це можливо), так і автомобільного транспорту.

4. В хабах оперативного призначення відбувається розукрупнювання раніше сформованих партій та видача гуманітарних вантажів безпосередньо мешканцям постраждалих регіонів та перевезення штучних товарів до важкодоступних та віддалених регіонів.

В окремих випадках, там де є географічна можливість, для перевезення гуманітарних вантажів та організації постачання доцільно використати річковий транспорт, який, не зважаючи на низький рівень обсягів перевезень, залишається ефективним методом переміщення як поодиноких вантажів, так і великих їх партій [14]. Україна має розгалужену мережу річкових портів, в яких є можливість організувати ефективну переробку вантажопотоків, зокрема, перевантаження з залізничного та автомобільного транспорту [15]. При цьому слід зазначити, що інфраструктура річкових портів України майже не постраждала внаслідок повітряних ударів ворога, а самі річкові шляхи неможливо знищити на відстані. Ризик враження окремих транспортних засобів на річкових шляхах також є мінімальним.

При організації хабів та інформаційного обміну слід також враховувати, що розподіл постраждалих осіб по території України є нерівномірним. Отже, потреба у гуманітарній допомозі буде виникати не лише у регіонах розташування оперативних хабів, а й біля тактичних та стратегічних, тобто матиме місце потреба, що генерується тимчасово переміщеними особами.

Найбільш раціональним рішенням, на думку авторів, в цьому випадку є формування хабів на базі вже існуючих прикордонних складських термінальних комплексів та термінальних компаній, які значно зменшили обсяги переробки або взагалі втратили обсяги починаючи з 2014 року чи раніше. Такі комплекси зручні для оперативного використання, оскільки мають необхідні

потужності та досвід роботи із широкою номенклатурою вантажів. Дотепер найбільш розвинутим сегментом перевалки на західному кордоні залишаються контейнерні вантажів, для обробки яких розбудована досить потужна інфраструктура, як наведена у табл. 2 [16].

Таблиця 2

Характеристика контейнерних терміналів на кордоні Україна - ЄС

Термінал	Країна	Місто	Потужність, тис. TEU/рік
Euroterminal	Польща	Славкув	280
Centrum Logistyc zne	Польща	Медика, Журавиця	44
Haniska	Словаччина	Ганиска	100
Kosice	Словаччина	Кошице	700
TKD	Словаччина	Добра	180
Zahony-Port	Угорщина	Захонь	130
Мостиска-2	Україна	Мостиська	50
Лиски	Україна	Чоп	30
Закарпатинтер порт	Україна	Чоп	20
ПАКОБО	Україна	Чоп	10
Карпати	Україна	Батьово	10

Враховуючи змішаний характер видів транспорту, що забезпечують перевезення гуманітарних вантажів, найбільш привабливими місцями для розташування логістичних хабів є існуючі транспортно-складські комплекси та логістичні центри. Так, в опорних районних центрах пропонується використовувати для цього інфраструктуру державного Центру Транспортного Сервісу «Лиски», які мають доступ як до залізничного, так і автомобільного транспорту.

Зважаючи на перспективи довгострокової зміни напрямків гуманітарних вантажопотоків, для розвитку мережі відповідних хабів доцільно залучити державну підтримку у вигляді довгострокових інвестицій, а також фахівців відповідної кваліфікації, для проведення поглибленого дослідження обсягів та напрямків вантажопотоків. Паралельно необхідно впроваджувати дієвий електронний реєстр товарів та обладнання військового часу, щоб запобігти крадіжкам та «притриманню» певних товарів, що наразі має місце у ряді регіонів країни. Ця ж система має відповідати за отримання та оперативне формування замовлень відповідно до потреб регіонів.

Перспективи подальшого розвитку термінального комплексу

Невизначена ситуація, яка наразі склалася в роботі морських портів, спонукає державу до пошуку альтернативних шляхів експорту-імпорту сировини та готової продукції. Для вирішення цього питання також доцільно розвивати

мережу транспортних хабів біля західного кордону. Існуюча технологія перевезення вантажів у напрямку країн Європейського Союзу передбачає здебільшого перевантаження або зміну візків вагонів. Обидва ці способи мають достатньо обмежені потужності – так, потужності з заміни візків по всіх напрямках не налічують навіть 200 операцій на добу (табл. 3).

Таблиця 3

Інформація щодо спроможностей з перестановки вагонів з візків колії ширини 1520 мм на візки колії ширини 1435 мм

Прикордонний перехід	Станція перестановки	Добова спроможність перестановки, вагонів
<i>Україна (УЗ) – Польща (ПКП Карго+ПКП ЛХС)</i>		
Медика/Мостиська-II	Мостиська-II УЗ	18
Ягодин/Дорохуськ	Ковель УЗ	28
Ізов/Грубешів	Сендзишув ПКП ЛХС	15
Україна-Польща	Всього	61
<i>Україна (УЗ) – Угорщина (МAB)</i>		
Чоп/Захонь	Есень УЗ	30
	Захонь МAB	24
	Ясені МAB	законсервовано
Чоп/Захонь	Всього	54
Батьово/Еперешке	Еперешке МAB	20
Україна-Угорщина	Всього	74
<i>Україна (УЗ) – Румунія (ЧФР)</i>		
Вадул-Сірет/Дорнешти	Вадул-Сірет УЗ	40
	Вікшани ЧФР	законсервовано
Дяково/Халмеу	Есень УЗ	30
Україна-Румунія	Всього	70
<i>Україна (УЗ) – Словаччина (ЗССК Карго)</i>		
Чоп/Чірна над Тисоу	Есень УЗ	30
Ужгород/Матевце	Матевце ЗССК Карго	законсервовано
Україна-Словаччина	Всього	30
Всього по Україні		116
Всього по суміжних державах		59
Разом		175

Враховуючи потенційні обсяги перевезень вантажів, цього вкрай недостатньо. Наразі станом на березень 2022 року середньодобова потреба у перевезеннях в напрямку ЄС сягає 8000 вагонів на добу, отже, необхідно терміново вирішити питання щодо розвитку як існуючої системи з заміни візків, так і створення додаткової перевантажувальної інфраструктури [17].

При формуванні мережі перевантажувальних терміналів необхідно враховувати як номенклатуру експорту-імпорту з розподілом по країнам, так і вже наявні на потенційних пунктах розміщення хабів потужності, для можливості визначення подальшої раціональної спеціалізації прикордонних хабів.

Аналіз обсягів та напрямків імпорту-експорту України і прилеглих держав дозволив визначити наступну орієнтовну специфікацію транспортних хабів:

– для обслуговування напрямку на Румунію доцільно розміщувати хаби для переробки нафтопродуктів, продукції машинобудування та металургійної галузі, контейнерних вантажів. Зважаючи на потужну портову інфраструктуру, розташовану в акваторії Чорного моря, Румунія може виступати в якості транзитера вироблених в Україні зернових та руди. Тому доцільно передбачити розбудову відповідних перевантажувальних комплексів;

– для обслуговування напрямку на Угорщину – хаби з перевантаження контейнерних, тарнопакувальних вантажів;

– для обслуговування напрямку на Словаччину – перевантаження нафти та нафтопродуктів, контейнерних та тарнопакувальних вантажів, металопродукції;

– для обслуговування напрямку на Польщу – хаби з перевантаження всіх видів зернових, руди, металопродукції (для подальшого

транзиту як до країн ЄС, так у напрямку портів Балтійського моря), контейнерів всіх типів, наливних вантажів, тарно-пакувальних вантажів.

Враховуючи, суттєві проблеми, що наразі виникли з експортом українського зерна, більше 95% якого раніше транспортувалось через морські порти, доцільно більш ширше використовувати мультимодальну технологію перевезення зернових вантажів [18].

В цілому найближчим часом слід очікувати значного зростання обсягів перевезень всіма видами транспорту (в першу чергу залізничним) у напрямку західних кордонів України, з подальшим перевезенням до країн Європейського Союзу. Ця тенденція буде зберігатися навіть після закінчення військової агресії РФ проти нашої країни, оскільки бізнес прагне диверсифікувати ризики, та вважатиме за доцільне мати альтернативні (окрім морських портів) шляхи постачань.

Висновки

Затяжний характер військових дій та збільшення допомоги західних країн, як в гуманітарному, так і у військовому аспекті, тривале блокування морських портів, що унеможливує повноцінний експорт сільськогосподарської та промислової продукції, спонукатиме створення нових та розвиток існуючих логістичних хабів як гуманітарного, так і загального спрямування. Зважаючи на розташування лінії фронту, найбільш раціональним є розташування таких хабів на західних кордонах України.

Для зменшення витрат та скорочення часу на введення в дію таких хабів доцільно розташовувати їх на базі існуючих об'єктів – прикордонних залізничних станцій, перевантажувальних комплексів, пунктів перестановки залізничних візків тощо. Крім того, необхідний розвиток термінальної мережі всередині країни в декілька ешелонів – стратегічного, тактичного та оперативного призначення. При створенні хабів двох нижніх рівнів обов'язкова наявність тісної координації між військовими та цивільними адміністраціями, що довело свою ефективність, починаючи з 2014 року.

Створені на західному кордоні хаби мають бути пристосовані для виконання як гуманітарної функції, так і для забезпечення експортно-імпортних перевезень сільськогосподарських та промислових вантажів. Навіть за умови часткового чи повного відновлення роботи морських портів, перевезення вантажів залізничним та автомобільним транспортом як у напрямку України, так і у зворотному – до країн Європейського Союзу залишиться актуальним. Таким чином,

створення та розвиток мережі логістичних хабів є наразі актуальним та нагальним питанням для нашої країни. Реалізація ж таких масштабних інфраструктурних проектів неможлива без залучення значних інвестицій на засадах державно-приватного партнерства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Чернова, О. О. Аналіз техніко-технологічних параметрів припортових залізничних станцій України / О. О. Чернова, Р. В. Вернигора, А. М. Огороков, А. М. Киман // 36. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 22. – Д.: УДУНТ, 2021. – с. 36-47.

2. Qamar, I. Comparison of Disaster Logistics Planning and Execution for 2005 Hurricane Season / I. Qamar, K. Mehler, M. B. Yildirim // Iowa state university, - 2005. – 37 p.

3. Военно-гражданская координация гуманитарных вопросов Организации объединенных наций: руководство ВГК ГВ ООН для использования на местах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.unocha.org/sites/dms/Documents/R_Field%20Handbook.pdf

4. Военно-гражданская координация гуманитарных вопросов Организации объединенных наций: руководство для вооруженных сил [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.unocha.org/sites/dms/Documents/03.A%20Guide%20for%20the%20Military_RU.pdf

5. План гуманітарного реагування 2021 – ООН Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukraine.un.org/uk/102687-plan-gumanitarnogo-reaguvannya-2021>

6. Ukraine: Humanitarian Impact Situation Report (As of 3:00 p.m. (EET) on 17 March 2022) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-humanitarian-impact-situation-report-300-pm-eet-17-march-2022>

7. Better Care Network – Ukraine response [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://bettercarenetwork.org/sites/default/files/202203/25feb_2022_protection_snapshot_ukr.pdf

8. Дефіцит бензину та дизпалива: чому це відбувається та що буде далі – BBC Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-61469112>

9. Чи можна зменшити дефіцит пального в Україні – Факти Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/ekonomika/20220515-chy-mozhna-vyrishyty-deficyt-palnogo-v-ukrayini-i-yakumu-budut-naslidky/>

10. Ісаченко, О. Зберегти та забезпечити: як змінилася логістика України під час війни / О. Ісаченко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mind.ua/openmind/20241674-zberegti-ta-zabezpechiti-yak-zminilasya-logistika-v-ukrayini-pid-chas-vijni>

11. Портал гуманітарної допомоги [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://help.gov.ua/>

12. Офіційна сторінка у Twitter Міністерства оборони Великої Британії [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://twitter.com/DefenceHQ/status/1541374317296062471>

13. Шевченко, В. Логістика війни. Як змінилися вантажні перевезення в Україні / В. Шевченко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://biz.nv.ua/ukr/experts/perevezennya-v-ukrajini-pid-chas-viyni-gumanitarni-vantazhi-obmezheniya-na-perevezennya-50231625.html>

14. О कोरोков, А. М. Річковий транспорт України: сучасний стан та перспективи використання / А. М. О कोरोков, Р. В. Вернигора, П. С. Цупров // Транспортні системи та технології перевезень. – 2016. – Вип. 12. – С. 62-68.

15. О कोरोков, А. М. Дослідження автомобільного та річкового транспорту на портовому терміналі методом імітаційного моделювання / А. М. О कोरोков, Р. В. Вернигора, А. І. Кузьменко // Зб. наук. праць

ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 20. – Д.: ДНУЗТ, 2020. – с. 51-60

16. Вернигора, Р. В. Мультиmodalьні перевезення як базовий сегмент транзитного потенціалу України / Р. В. Вернигора, А. М. О कोरोков, П. С. Цупров, О. І. Павленко // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 14. – Д.: ДНУЗТ, 2017. – с. 20-29.

17. Колісниченко, В. На переходах до Євросоюзу зібралося 42 тис. вантажних вагонів [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://gmk.center/ua/news/naperekhodakh-do-ievrosoiuzu-zibralosia-42-tys-vantazhnykh-vahoniv/>

18. Вернигора, Р. В. Перспективи експортних перевезень зернових вантажів у контейнерах / Р. В. Вернигора, А. М. О कोरोков, П. С. Цупров, Р. Ш. Рустамов // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 16. – Дніпро: ДНУЗТ, 2018. – с. 22-30.

Надійшла до редколегії 04.06.2022.

Прийнята до друку 15.06.2022.

A. OKOROKOV, R. VERNYHORA, Y. OKOROKOVA, O. CHERNOVA

THE CONCEPT OF FORMING AND DEVELOPING HUMANITARIAN HUBS IN UKRAINE DURING MILITARY AGGRESSION

Purpose. The aim of the work is to analyze the current state of the humanitarian situation in Ukraine in the context of military aggression and develop ways to improve this situation by creating new and developing existing transport hubs, which are located both on the western border of the state and in central regions. **Methodology.** In the course of the study, methods of analysis and synthesis were used to study the available information regarding the current state and trends in the further development of logistics and humanitarian hubs both on the western border and in the middle of the country. Aggregation and intelligent analysis of information to determine promising directions for the development of the logistics network. **Results.** The uncertain situation that has developed in the work of seaports stimulates the state to search for alternative ways of exporting and importing raw materials and finished products. To address this issue, it is also advisable to develop a network of transport hubs near the western border. At the moment, 31 regional humanitarian aid hubs have been created in Ukraine, the leaders in terms of the number of hubs are the Zaporozhye region - 5 hubs, as well as Kyiv and Ivano-Frankivsk regions - 2 hubs each. The rest of the regions have 1 hub each. The number of hubs in the border areas remains insufficient, especially given the sharp change in the directions of the main cargo flows - grain cargo and metal. In particular, as of March 2022, the average daily need for transportation in the direction of the EU reaches 8,000 wagons per day, therefore, it is urgent to address the issue of developing both the existing system for replacing wagon bogies and creating additional transshipment infrastructure. **Scientific novelty.** The authors have aggregated and systematized information on the existing system of transport hubs to ensure the existing and future volumes of transportation of both humanitarian and industrial export-import cargo. **Practical significance.** The results obtained make it possible to lay a scientific basis for the concept of creating and developing a system of humanitarian and logistics hubs to improve the efficiency of moving cargo flows.

Keywords: humanitarian hub, cargo flow, military aggression, redistribution of cargo flows, border infrastructure, humanitarian situation.

УДК 629. 423

А. М. АФАНАСОВ^{1*}, Д. І. ЛИНИК^{2*}, С. В. АРПУЛЬ^{3*}, Д. С. БІЛУХІН^{4*}, В. Є. ВАСИЛЬЄВ^{5*}

^{1*} Каф. «Електрорухомий склад залізниць», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 31, ел. пошта afanasof@ukr.net, ORCID 0000-0003-4609-2361

^{2*} Каф. «Електрорухомий склад залізниць», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (096) 114 71 74, ел. пошта danil.linnik@gmail.com

^{3*} Каф. «Електрорухомий склад залізниць», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (067) 632 94 55, ел. пошта arpul@ukr.net, ORCID 0000-0001-5691-0925

^{4*} Каф. «Електрорухомий склад залізниць», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (095) 233 32 99, ел. пошта comandor04@mail.ru, ORCID 0000-0002-2791-617X

^{5*} Каф. «Електрорухомий склад залізниць», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +380 (056) 373-15-31, ел. пошта wasiljew@ukr.net, ORCID 0000-0001-7551-2332

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ З БОРТОВИМИ НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Мета. Підвищення ефективності пасажирських перевезень на неелектрифікованих дільницях залізниці України шляхом оптимізації структури та створення принципів побудови тягового електроприводу перспективного автономного електропоїзда з живленням тягових двигунів від системи бортових накопичувачів електроенергії. **Методи.** Методологічною основою дослідження є загальні теоретичні положення і принципи системного підходу теоретичної електротехніки, теоретичної механіки, теорії електричних машин та перетворювачів. Використані основні принципи теорії керування та основи теорії прийняття рішень. **Результати.** Сформульовані загальні принципи побудови тягового електроприводу перспективного автономного електропоїзда з живленням тягових двигунів від бортових накопичувачів електроенергії. Запропоновано функціональну схему тягового електроприводу перспективного автономного електропоїзда, проведено аналіз роботи електроприводу в режимах тяги та рекуперативного гальмування. Визначені масові показники накопичувачів енергії двох типів, а саме електрохімічних акумуляторів та суперконденсаторів. Сформульовано основні вимоги до системи автоматичного керування тяговим приводом такого електропоїзда. Показано, що в перспективі використання автономних акумуляторних електропоїздів буде технічне можливе та економічно виправдане на неелектрифікованих дільницях Укрзалізниці.

Ключові слова: електропоїзд, тяговий привод, акумулятор, суперконденсатор, перетворювач напруги, пусковий режим, рекуперативне гальмування.

Вступ

Значна частка неелектрифікованих ділянок в загальній протяжності мережі залізниць України потребує використання автономного тягового та моторвагонного рухомого складу. В даний час ця проблема вирішується за рахунок експлуатації тепловозів і дизель-поїздів. Відсутність в існуючому парку автономного рухомого складу акумуляторних електровозів і електропоїздів в першу чергу пояснюється високою собівартістю і недостатньо високими енергетичними показниками електрохімічних джерел енергії минулих часів.

Аналіз історії та перспектив розвитку тягових акумуляторів показує, що в найближчому майбутньому застосування таких накопичувачів енергії на моторвагонному рухомому складі буде економічно доцільним і близьким за енергетичними показниками з існуючим варіантом

живлення тягового електроприводу від контактної мережі.

Дослідна експлуатація моторвагонного рухомого складу з частковим використанням в якості джерела електроенергії сучасних тягових акумуляторів вже ведеться на залізницях Західної Європи. Для зменшення часу простою при зарядці тягових акумуляторів організація експлуатації автономних електропоїздів має передбачати заміну блоку батарей на пунктах технічного обслуговування, на цих же пунктах повинна здійснюватися і зарядка акумуляторів. Висока енергетична ефективність використання акумуляторних електропоїздів може бути досягнута шляхом оптимізації їх режимів руху, за рахунок зниження аеродинамічного опору руху поїзда та використання високоефективної системи рекуперативного гальмування.

Постановка завдання дослідження

Режими пуску і електричного гальмування поїзда вимагають відбору і повернення енергії зі значеннями потужності, на порядок більшими, ніж в ustalених режимах руху електропоїзда. Енергетична ефективність тягових акумуляторів в таких режимах значно знижується. Рішенням даної проблеми може бути застосування в якості додаткового накопичувача суперконденсаторів [1-3]. Накопичення і віддача електроенергії з використанням суперконденсаторів можливе з високими значеннями потужності при незначних втратах, при цьому величини питомих значень накопичуваної енергії для суперконденсаторів значно менше, ніж для класичних електрохімічних джерел. Тому найбільш раціональним буде рішення про використання електрохімічного джерела енергії в якості основного, а суперконденсатора – як додаткового накопичувача, який буде використовуватися тільки в режимах пуску і рекуперативного гальмування. Силова схема і система управління електропоїзда повинні забезпечувати автоматичний перехід з одного режиму в інший.

Враховуючі властивості електрохімічних накопичувачів електроенергії та суперконденсаторів [3], а також вимоги до тягового електроприводу автономного електропоїзда, можна сформулювати наступні вимоги до електричної

схеми тягового перетворювача [4]. Тяговий перетворювач забезпечуватиме можливості:

- плавного регулювання напруги на тяговому двигуні при пуску з живленням від суперконденсаторів;
- плавного регулювання напруги на тяговому двигуні з живленням від акумуляторної батареї;
- плавного регулювання струму тягового двигуну при рекуперативному гальмуванні з забезпеченням заряду суперконденсаторів;
- плавного регулювання струму тягового двигуну при рекуперативному гальмуванні з забезпеченням заряду акумуляторної батареї;
- автоматичного переключення з режиму тяги в режим рекуперативного гальмування при стабілізації швидкості руху.

Основний матеріал дослідження

Вибір загальної структури тягового електропривода. На рис. 1 наведено функціональну схему тягового електропривода, яка забезпечує всі режими тяги та електричного гальмування автономного електропоїзда з використанням або акумуляторної батареї, або суперконденсаторів. Функціональна схема включає акумуляторну батарею АБ, суперконденсатор СК, регулятори постійної напруги (конвертори) РН1, РН2, регулятори постійного струму РС1, РС2, комутатори К1, К2, ланку постійного струму ЛПС та електропривод ЕП.

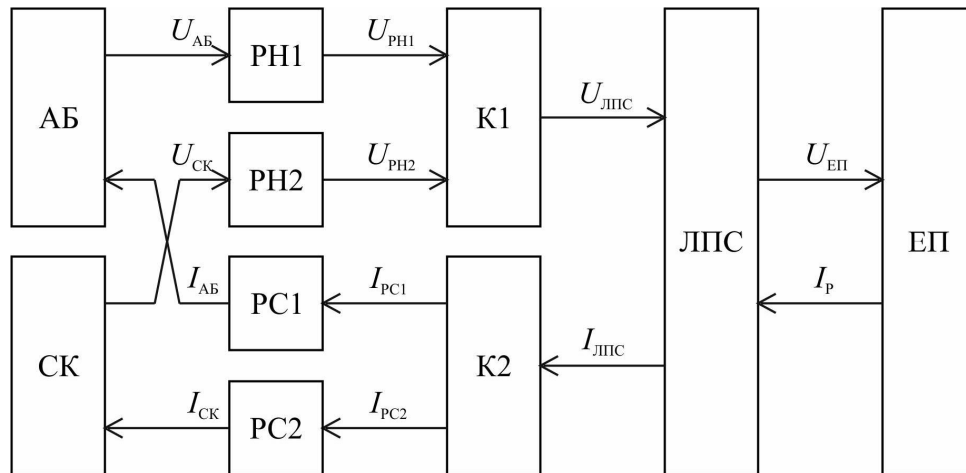


Рис. 1. Функціональна схема тягового електропривода

В якості тягового двигуна електроприводу на автономному електропоїзді може бути використано тягові двигуни будь якого типу, зокрема: колекторні двигуни пульсуючого струму, асинхронні, синхронні, індукторні [5]. При використанні асинхронних, синхронних або індукторних тягових двигунів необхідно використовувати додатковий перетворювач (інвертор), який

є невід'ємною частиною такого електроприводу [4].

Схема дозволяє регулювати напругу на ланці постійного струму ЛПС в режимі тяги як з її пониженням, так й з підвищенням відносно напруги на акумуляторній батареї АБ або суперконденсаторі СК. При використанні в якості джерела живлення акумуляторної батареї АБ працює регулятор РН1, при використанні

суперконденсатора – регулятор РН2. Відповідні переключення в схемі забезпечуються електронним комутатором К1. Система автоматичного керування (на рис. 1 не показано) забезпечує стабілізацію напруги на ЛПС.

В режимі електродинамічного гальмування можливий заряд як акумуляторної батареї, так й суперконденсатора [6]. Струм заряду акумуляторної батареї регулюється регулятором РС1, а струм заряду суперконденсатора – регулятором РС2. Відповідні переключення в схемі в режимі рекуперації забезпечуються електронним комутатором К2. Система автоматичного керування забезпечує стабілізацію напруги на ЛПС.

Режими роботи самого електропривода ЕП при стабілізованій напрузі на ланці постійного струму ЛПС регулюються системою автоматичного регулювання, яка може забезпечувати:

- стабілізацію сили тяги (прискорення) при розгоні електропоїзда;
- стабілізацію гальмівного зусилля при електродинамічному гальмуванні;
- стабілізацію швидкості руху електропоїзда.

Аналіз енергетичних показників використання суперконденсаторів

Розглянемо режим пуску електропоїзда та його розгону до розрахункової швидкості з використанням в якості джерела живлення суперконденсатора СК. Загалом енергетичний баланс для такого режиму можна представити у вигляді [7]

$$\Delta A_c \cdot \eta = K + A_w, \quad (1)$$

де ΔA_c – енергія, спожита з конденсатора за час пуску;

η – середнє загальне значення к. к. д. перетворювачів та електроприводу;

K – кінетична енергія електропоїзда в кінці пуску;

A_w – робота, витрачена за час пуску на подолання сил опору руху.

Неважко переконатися в тому, що

$$\frac{A_w}{K} = \frac{w_0}{1000a}, \quad (2)$$

де a – прискорення при пуску, м/с²;

w_0 – середній питомий опір руху за час пуску, Н/т.

Введемо позначення $k_w = \frac{A_w}{K}$ і запишемо вираз (1) у вигляді

$$\Delta A_c \cdot \eta = (1 + k_w) K. \quad (3)$$

Ступінь використання енергії попередньо зарядженого конденсатора може бути оцінена коефіцієнтом ступеня розряду

$$k_A = \frac{\Delta A_c}{A_c},$$

де A_c – початкова енергія зарядженого конденсатора.

Тоді вираз (1) можна записати у вигляді

$$k_A \cdot \eta \cdot \Delta A_c = (1 + k_w) K. \quad (4)$$

Проведемо оцінку маси конденсатора потрібної енергетичної ємності, представивши повну енергію суперконденсатора A_c у вигляді

$$A_c = a_c \cdot m_c, \quad (5)$$

де a_c – питома щільність енергії суперконденсатора;

m_c – маса суперконденсатора.

Кінетична енергія електропоїзда в кінці пуску

$$K = \frac{M v_k^2}{2}, \quad (6)$$

де v_k – швидкість електропоїзда в кінці пуску; M – маса електропоїзда.

Відношення мас конденсатора і електропоїзда маємо у вигляді

$$k_m = \frac{m_c}{M} = \frac{k_w \cdot v^2}{2 \cdot a_c \cdot \eta_{\text{еп}} \cdot k_A}. \quad (7)$$

У табл. 1 наведені результати розрахунку залежності $k_m(v)$, отримані за формулою (7) для наступних значень параметрів, що входять до виразу:

$$\eta = 0,9; k_A = 0,75; k_w = 1,05; w_0 = 50 \frac{\text{Н}}{\text{т}};$$

$$a = 0,7 \text{ м/с}^2; a_c = 4 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}.$$

Таблиця 1

Результати розрахунку залежності $k_m(v)$

$v, \text{ м/с}$	0	5	10	15	20	30	40
$k_m, \%$	0	0,05	0,2	0,44	0,77	1,75	3,12

Графік залежності $k_m(v)$ наведено на рис. 2.

Як видно з табл. 1 та рис. 2, для забезпечення пуску електропоїзду до швидкості 40 м/с з живленням електроприводу від суперконденсатора з щільністю енергії $4 \cdot 10^4$ Дж/кг потрібно

підвищення навантаження на вісь електропоїзда не більше, ніж на 3,1%. Загальна маса суперконденсатора для одного вагона електропоїзда масою 50 т для даних характеристик пуску становить приблизно 2,5 т. Для випадку пуску електропоїзда до швидкості 30 м/с потрібна загальна маса суперконденсаторів складає приблизно 1,4 т.

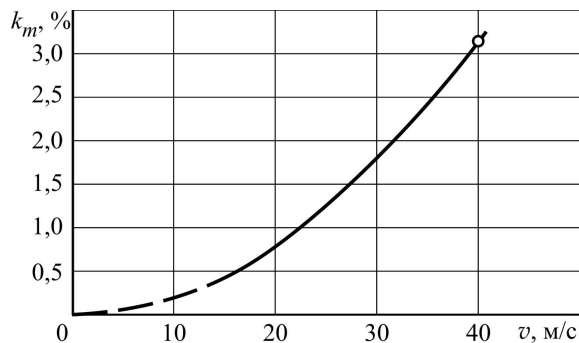


Рис. 2. Залежність коефіцієнта відношення мас конденсаторів і електропоїзда k_m від швидкості руху

Аналіз енергетичних показників використання акумуляторної батареї

Розглянемо режим руху електропоїзда в сталому режимі на площадці з живленням електроприводу від акумуляторних батарей. Метою цього аналізу є визначення залежності додаткового навантаження від колісних пар електропоїзда на рейки, яке обумовлено наявністю акумуляторної батареї.

Додаткове навантаження на одну вісь чотирьохвісного вагону електропоїзда може бути знайдено у вигляді

$$P_{аб} = \frac{m_{аб}}{4}, \quad (8)$$

де $m_{аб}$ – загальна маса акумуляторних батарей одного вагону.

Загальна маса акумуляторних батарей вагону електропоїзда може бути визначеною у вигляді

$$m_{аб} = \frac{A}{a_б}, \quad (9)$$

де $a_б$ – питома енергія акумуляторних батарей, Дж/кг.

Загальні витрати енергії можуть бути визначені за формулою

$$A = W_о \cdot S, \quad (10)$$

де $W_о$ – основний опір руху електропоїзда на горизонтальній дільниці; S – довжина шляху, пройденого електропоїздом.

Основний опір руху вагону може бути знайденим у вигляді

$$W_о = w_о \cdot M, \quad (11)$$

де $w_о$ – основний питомий опір руху електропоїзда;

M – маса вагону.

Основний питомий опір електропоїзда визначається за формулою [9]

$$w_о = 1,1 + 0,012 \cdot v + 0,000267 \cdot v^2, \quad (12)$$

де v – швидкість руху електропоїзда.

За даними формулами розрахуємо додаткове навантаження на вісь для діапазону швидкостей 40-130 км та декількох значень питомій енергії акумуляторних батарей $a_б$. Масу одного вагону електропоїзда прийнято рівною 50 т. Загальна довжина шляху, що пройдено електропоїздом, прийнята рівною 100 км. Результати розрахунків додаткового навантаження на вісь від акумуляторних батарей $P_{аб}$ наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Додаткове навантаження на вісь електропоїзда в залежності від швидкості руху

v , км/год	40	60	80	100	110	120	130
$a = 50$ Вт·год/кг							
$P_{аб}$, т	1,39	1,9	2,6	3,4	3,9	4,4	4,9
$a = 100$ Вт·год/кг							
$P_{аб}$, т	0,67	0,93	1,21	1,53	1,69	1,86	2,03
$a = 300$ Вт·год/кг							
$P_{аб}$, т	0,22	0,31	0,41	0,51	0,56	0,62	0,68
$a = 1000$ Вт·год/кг							
$P_{аб}$, т	0,07	0,09	0,12	0,15	0,17	0,19	0,2

Графічно додаткові навантаження на вісь електропоїзда від акумуляторних батарей в залежності від швидкості руху $P_{аб}(v)$ наведені на рис. 3.

Зміни лінійного пробігу в залежності від додаткового навантаження на вісь від акумуляторів різних питомих енергій наведено рис. 4, де прийняті наступні позначення: S – лінійний пробіг; P – додаткове навантаження на одну вісь електропоїзда. Середня швидкість руху електропоїзда при розрахунках лінійного пробігу була прийнята рівною 100 км/год.

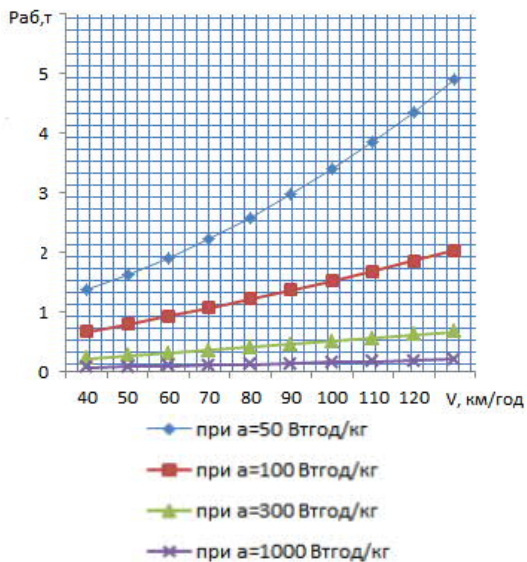


Рис. 3. Залежність додаткового навантаження на вісь електропоїзда від швидкості руху

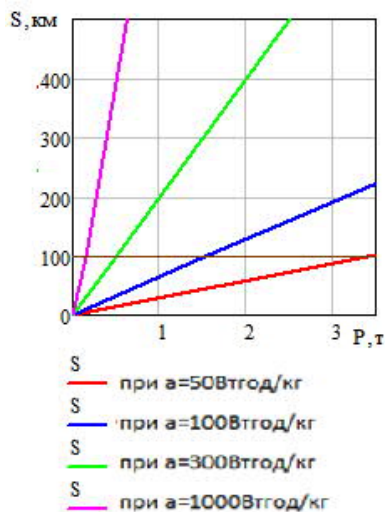


Рис. 4. Тенденція зміни лінійного пробігу з підвищенням навантаження на вісь від акумуляторів різних питомих енергій

Висновки

1. Актуальну проблему залізниць України – забезпечення пасажирських перевезень на неелектрифікованих ділянках може бути ефективно вирішено за рахунок використання автономних акумуляторних поїздів з електричним тяговим приводом та бортовими накопичувачами електроенергії.

2. Проведений аналіз режимів роботи існуючих електропоїздів та параметрів сучасних накопичувачів енергії показує, що на автономному моторвагонному рухомому складі в якості основного накопичувача електроенергії є доцільним застосування акумуляторної батареї, а в якості додаткового накопичувача – суперконденсаторів.

3. Результати аналізу пуску електропоїзда з живленням тягових двигунів від накопичувачів електроенергії та результати розрахунку масових показників накопичувачів підтверджують економічну доцільності та технічну можливість використання акумуляторних електропоїздів в пасажирському русі залізниць України.

4. Високу енергетичну ефективність використання акумуляторних електропоїздів може бути досягнуто шляхом оптимізації їх режимів руху, використання системи автоматичного ведення, за рахунок зниження аеродинамічного опору руху поїзда і шляхом використання високоефективної системи рекуперативного гальмування.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Деспотули А. Л., Андреева А. В., Веденеев В. В., Аристов В. В., Мальцев П. П. Высокоёмкие конденсаторы для ультраплотного поверхностного монтажа. Нано- и микросистемная техника. 2006. № 3.
2. Pasquier A. Du, Plitz I., Gural J., Menocal S., Amatucci G. Characteristics and performance of 500F asymmetric hybrid advanced supercapacitor prototypes. J. Power Sources. 2003. V. 113. P. 62.
3. Кузнецов В., Панькина О., Мачковская Р., Шувалов Е., Востриков И. Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы): разработка и производство. Компоненты и технологии. 2005. № 6.
4. Тихменев Б. Н., Трахман Л. М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования. Электрические схемы и аппараты. Учебник для вузов ж.-д. трансп. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
5. Гетьман Г. К.: Тория электрической тяги: Монография [Текст]: в 2т. / Г. К. Гетьман – Дн-вск: Изво Маковецкий, 2011. Т. 1 – 456 с. – ISBN 978-966-1507-64-6 (полное собрание).
6. Афанасов А. М., Арпуль С.В., Мясников А. С. Анализ режимов пуска автономного электропоезда при питании тягового электропривода от ионистора. Електрифікація транспорту 10/2015, 2016. – С. 39 – 43.
7. Афанасов А. М., Арпуль С. В., Демчук Р. Н. Пусковые режимы автономного электропоезда с бортовым накопителем энергии. Электромагнитна сумісність та безпека на залізничному транспорті, 11/2016. – С. 18-23.
8. Автоматизация электроподвижного состава: Учебник ля вузов ж.-д. трансп. / А. Н. Савоськин, Л. А. Баранов, А. В. Плакс, В. П. Феоктистов; По ред. А. Н. Савоськина. М.: Транспорт, 1990. 311 с.
9. Правила тяговых расчётов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287с.

Надійшла до редколегії 10.06.2022

Прийнята до друку 16.06.2022

PROSPECTS OF USING AUTONOMOUS ELECTRIC TRAINS WITH ONBOARD STORAGE STORES

Purpose. Improving the efficiency of passenger traffic on non-electrified sections of the railway of Ukraine by optimizing the structure and creating principles for building a traction electric drive of a promising autonomous electric train powered by traction engines from the system of onboard storage of electricity. **Methods.** The methodological basis of the study are the general theoretical provisions and principles of the system approach of theoretical electrical engineering, theoretical mechanics, theory of electrical machines and converters. The basic principles of management theory and the basics of decision theory are used. **Results.** The general principles of construction of the traction electric drive of the perspective autonomous electric train with power supply of traction engines from onboard energy storage devices are formulated. The functional scheme of the traction electric drive of the perspective autonomous electric train is offered, the analysis of work of the electric drive in the modes of traction and regenerative braking is carried out. The mass parameters of two types of energy storage devices, namely electrochemical batteries and supercapacitors, have been determined. The basic requirements to the system of automatic control of the traction drive of the electric train are formulated. It is shown that in the future the use of autonomous battery electric trains will be technically possible and economically justified on non-electrified sections of Ukrzaliznytsia.

Keywords: electric train, traction drive, battery, ionistor, voltage converter, starting mode, regenerative braking.

УДК 656: 510.6

А. О. ЛЯМЗІН^{1*}, Є. О. УКРАЇНСЬКИЙ^{2*}, Г. В. МАСЛАК^{3*}, М. С. МНАЦАКАНЯН^{4*}

^{1*}Каф. «Технології міжнародних перевезень і логістика», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», пр. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна, тел. +38 (096) 133 08 39, ел. пошта alyamzin7791@gmail.com, ORCID 0000-0002-6964-845X

^{2*}Каф. «Автомобільний транспорт», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», пр. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна, тел. +38 (067) 390 28 60, ел. пошта e.a.ukrainskyi@gmail.com, ORCID 0000-0002-4552-2174

^{3*}Каф. «Транспортні технології підприємств», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», пр. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна, тел. +38 (068) 435 92 95, ел. пошта avmaslak81@gmail.com, ORCID 0000-0001-7256-5543

^{4*}Каф. «Технології міжнародних перевезень і логістика», ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», пр. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна, тел. +38 (097) 527 35 16, ел. пошта m.s.mnatsakanian@gmail.com

СИНЕРГІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОСТОРУ ЯК ДЖЕРЕЛА РОЗВИТКУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОВОЮ СКЛАДОВОЮ ПРОМИСЛОВИХ ЗОН

Розглянуто синергетичні особливості транспортного простору, як джерела, ресурси якого спрямовано на розвиток системи забезпечення безпеки складових ланцюга: «виникнення потреби в продукції – надання транспортних послуг – виробництво – якісний та кількісний рівень освоєння споживачами вантажних потоків в умовах існуючих обмежень географічного простору промислових зон». Базовими складовими ланцюга є: постачальник, виробник та транспортне підприємство. Розглянуто стан системи за критерієм рівноваги по Курному. Визначено синергетичний ефект системи в умовах існуючого спектру обмежень характерних для середовища промислової зони, що виникає при інтеграції в єдину архітектуру безпеки її складових.

Ключові слова: транспортний простір, критерій рівноваги, інтеграція складових, архітектура безпеки.

Вступ

В умовах невизначеності динаміки розвитку економічного середовища, яке обумовлене виникненням нових форм ризиків та сформованих ними криз, важливе значення набуває дослідження системи управління безпековою складовою. Таким чином, стає актуальне завдання вирішення проблеми обрахування об'єктивної оцінки ефективної діяльності: постачальників, виробників, транспортних підприємств та споживачів продукції в умовах існуючого географічного обмеження транспортного простору промислової зони.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Якісний та кількісний аналіз наукових підходів вирішення обраної проблематики [1-2] дозволяє виділити, як мінімум, два підходи дослідження. При першому підході вся система управління безпекою розглядається з позиції в якій всі експерти прагнуть досягти максимального сумарного ефекту [2]. При цьому локальні критерії, що використовуються експертами за для оцінки ефекту, підпорядковані виключно одному «глобальному» – економічному критерію. Складовими показниками даного критерія є:

мінімум сумарних економічних витрат та мінімум часу, необхідного для проходження повного операційного циклу в транспортно-технологічному ланцюгу (рис.1).

Слід підкреслити факт того, що в даному підході не враховується наявність конкуренції між складовими ланцюга, яка сформована існуючим обмеженням географічного транспортного простору промислової зони. У той же час навіть якщо у всіх складових і є єдина мета, то конкуренція між ними все одно виникне на етапі розподілу отриманого ресурсу. За другого підходу система розглядається як елементарна складова, що є самостійною і переслідує власну мету. І тут досліджуються стан рівноваги й оптимум складових за різних умов їх ефективності [2].

На наш погляд другий («імітаційний») підхід, який використовується при формуванні «сценарію поведінки» складових є більш гнучким до середовища, яке характеризується існуючими географічними обмеженнями транспортного простору в промислових зонах. Адже жодна система управління безпекою складових не має можливість ефективно надавати оцінку процесам без визначення меж ресурсних витрат в умовах інформаційної обмеженості.

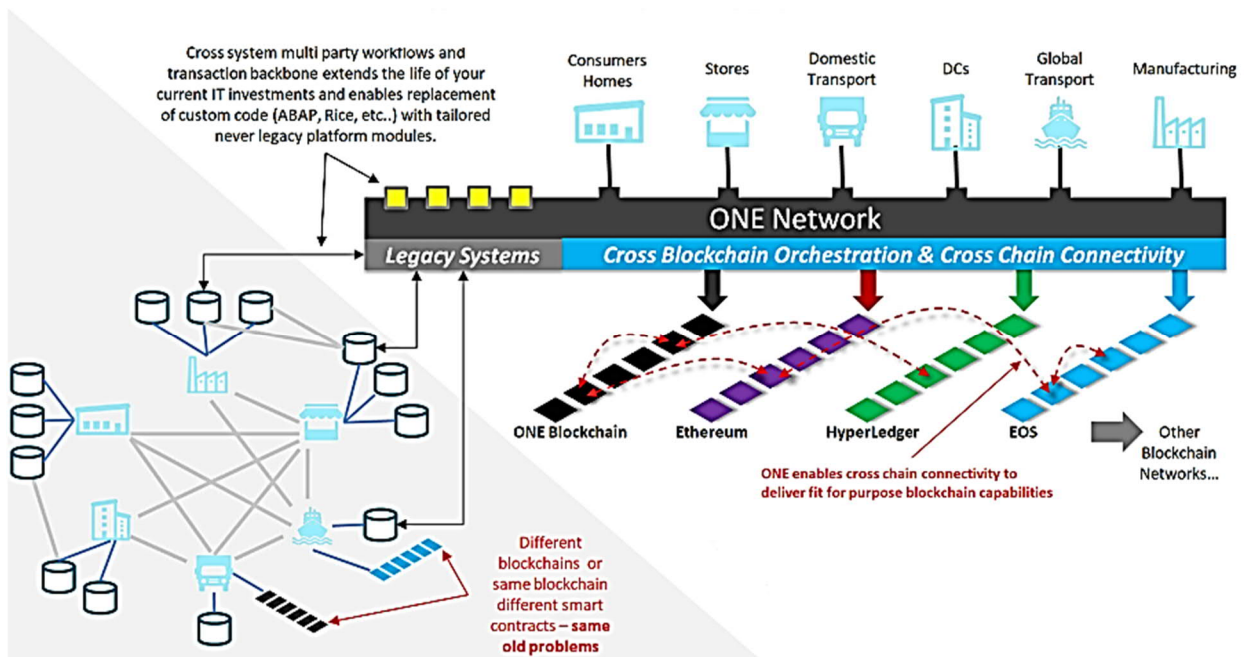


Рис. 1. Типова схема транспортно-технологічного ланцюгу [2]

Сучасні реалії розвитку бізнес процесів дозволяють стверджувати факт того, що економічний ресурс є первинним та єдиним при використанні економіко – математичного моделювання стану системи у досліджуємому середовищі, що в сучасних умовах не дає можливість до формування гіпотез досліджень та оптимізації рішень спрямованих для отримання оцінки рівня безпеки діяльності ланцюга.

Критерієм оптимізації діяльності складових ланцюга, згідно з вище наведеного виступає прибуток, а не витрати. Мінімізація критерію витрат має сенс лише у разі, якщо передусім відомо, що можливий ефект буде перевищувати ресурсні витрати. Очевидно, що при моделюванні діяльності ланцюга у досліджуємому середовищі така передумова не може бути прийнята як обов'язкова. Ресурсні витрати важливі не самі по собі, а у співвідношенні з отримуваним ефектом. Саме за критерієм прибутку можливий оптимальний розподіл обмежених ресурсів у ланцюгу, що досліджується. Зазначимо, що умовою виникнення інтегрованого ланцюга є потенційна можливість отримання синергетичного ефекту. Синергетичний ефект є приріст прибутку у складових ланцюга внаслідок їх інтеграційних процесів.

Мета дослідження

Метою даної статті є знаходження в моделі досліджуємого ланцюга рівноваги між її складовими та визначення синергетичного ефекту, що виникає при об'єднанні функціональних завдань

складових в інтегровану систему забезпечення їх безпечної діяльності.

Основна частина дослідження

Для аналізу транспортного простору як джерела розвитку системи управління безпековою складовою промислових зон використаємо модель ланцюга, яка має структурну ідентичність зі схематичним її відображенням (рис.1).

Ця система включає [3-5]:

- 1) n постачальників ресурсів із питомою безпековою собівартістю s_i , $i \in N$, $N = \{1, 2, \dots, n\}$;
- 2) n транспортних підприємств із безпековою собівартістю перевезення одиниці i -го ресурсу z_i , $i \in N$;
- 3) виробника продукції з питомою безпековою собівартістю v ;
- 4) транспортне підприємство (індекс $n+1$) із безпековою собівартістю перевезення одиниці продукції z_{n+1} ;
- 5) споживчий ринок, ціна на якому формується за наведеним математичним записом: $P = b - k \cdot Q$, де $b > 0$ – безпековий потенціал ланцюга, який характеризується величиною максимально можливої величини отриманого ресурсу, $k > 0$ – свідчить про попит, зниження отриманого ресурсу при збільшенні обсягу виконаних робіт, $Q > 0$ – обсяг виробництва та доставка продукції на ринок.

Отже, виробник, як базова складова ланцюга, задає показник обсягу необхідного рівня ефективності системи забезпечення безпеки всіх її складових для випуску продукції, використовуючи при цьому в технологічному процесі n видів

ресурсів. Особливістю технологічного процесу є те, що обсяги необхідних ресурсів пропорційні обсягу продукції. При цьому ресурси не мають можливість бути взаємозамінними. У таких умовах функція виробника має формалізований запис:

$$R_i = a_i \cdot Q, \quad i \in N, \quad (1)$$

де R – обсяг i -го ресурсу, необхідного для випуску продукції в рамках ланцюгу;

a_i – технологічний коефіцієнт, що визначає норму витрат ресурсів на отримання умовної одиниці продукції в заданих умовах в означеному середовищі.

Параметри ланцюгу, що досліджується повинні відповідати обмеженню:

$$A = b - v - z_{n+1} - \sum_{i \in N} a_i \cdot S_i - \sum_{i \in N} a_i \cdot z_i > 0, \quad (2)$$

де A – ресурсний потенціал системи в умовах існуючого спектру обмежень характерних для середовища промислової зони.

Позитивність ресурсного потенціалу є необхідною умовою виникнення та функціонування системи управління безпековою складовою промислових зон системи в умовах існуючого спектру обмежень характерних для середовища промислової зони.

Всі складові системи загалом і кожна окремо максимізує можливість накопичення та збільшення своїх ресурсів. Вирішимо завдання для кожної складової ланцюга з урахуванням її реакції на ризикові ситуації із зовнішнього середовища.

Виробник максимізує прибуток згідно з обсягом наданих послуг (продукції) при існуючих ризиках зміни транспортних тарифів $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n, p_{n+1}$ та вартості ресурсів $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$. Цільова функція, що описує дію виробника може бути описана даним формалізованим записом:

$$F^B = Q \cdot \left(\frac{b - k \cdot Q - v - p_{n+1} - \sum_{i \in N} a_i \cdot d_i - \sum_{i \in N} a_i \cdot p_i}{Q} \right) \rightarrow \max, \quad (3)$$

Транспортні підприємства, що доставляють ресурси, максимізують прибуток за своїм тарифом при даних тарифах інших транспортних підприємств та цінах ресурсів в умовах існуючих обмежень географічного простору. Цільова функція i -го транспортного підприємства:

$$F_{n+1}^T = \frac{1}{2k} \left(\frac{b - v - p_{n+1} - \sum_{i \in N} a_i \cdot d_i - \sum_{i \in N} a_i \cdot p_i}{p_{n+1} - z_{n+1}} \right) \times \rightarrow \max_{p_{n+1}} \quad (4)$$

Припустимо, що всі базові складові, з метою отримання синергетичного ефекту, об'єднуються в інтегровану систему управління безпековою складовою промислових зон. Такий підхід дозволяє утворити єдину функцію системи безпеки ланцюга не тільки з позиції збереження але й збільшення ресурсів в умовах обмеженого транспортного простору, та може бути описана наступним формалізованим записом:

$$F = Q \cdot \left(\frac{b - k \cdot Q - v - z_{n+1} - \sum_{i \in N} a_i \cdot s_i - \sum_{i \in N} a_i \cdot z_i}{Q} \right) \rightarrow \max_Q \quad (5)$$

Висновки

В умовах рівноваги Курно постачальники ресурсів і транспортні підприємства в середовищі промислової зони є монополістами по відношенню до виробника і отримують монопольний прибуток. Інтеграція постачальника та транспортного приводить до їх відмовлення від встановлення монопольних цін та тарифів заради «спільної ресурсної безпеки», і в результаті заробляють ще більше. У цьому і полягає синергетика ланцюга в умовах існуючого спектру обмежень характерних для середовища промислової зони, що виникає при інтеграції в єдину архітектуру безпеки її складових.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Хэндфилд Р. Б., Николс Э. Л. Реорганизация цепей поставок. Создание интегрированных систем формирования ценности: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 416 с.
2. SusChem Strategic Innovation and Research Agenda [online]. – Available at: <http://www.suschem.org/cust/documentrequest.aspx?DocID=928> [Accessed 11 Jan. 2017].
3. Крикавський Є. В., Чухрай Н.І. Логістична трансформація транспортних організацій // Збірник доповідей 5-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики». – К.: Компанія «Автоекспо», 2003. – С. 177–184.
4. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: Пер. с англ. – М.: ЮНИТИ - ДАНА, 2003. – 503 с.
5. Westerman A. Using innovation to drive sustainable growth in the chemical industry [online] / A.

Westerman, V. Fitzner // PwC. – 2016. – 28 p. Available at: <http://www.pwc.com/gx/en/industries/-chemicals/using-innovation-to-drive-sustainable-growth-in-the-chemicals-industry.html> [Accessed 11 Jan. 2017].

Надійшла до редколегії 17.06.2022.
Прийнята до друку 20.06.2022.

A. LIAMZIN, Ye. UKRAINSKYI, A. MASLAK, M. MNATSAKIANIAN

SYNERGY OF TRANSPORT SPACE AS A SOURCE DEVELOPMENT OF THE SECURE WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM OF INDUSTRIAL ZONES

The synergistic features of the transport space are considered as sources, the resources of which are directed to the development of the system for ensuring the safety of the components of the chain: «the emergence of the need for products - the provision of transport services - production - the qualitative and quantitative level of mastering by consumers of cargo flows in the conditions of the existing limitations of the geographical space of industrial zones». The basic components of the chain are: the supplier, the manufacturer and the transport company. The state of the system was considered according to the Kurno equilibrium criterion. The synergistic effect of the system in the conditions of the existing spectrum of restrictions characteristic of the environment of the industrial zone, which arises during the integration of its components into a single security architecture, is determined.

Keywords: transport space, equilibrium criterion, integration of components, security architecture.

УДК 656.135.073

Н. О. ЛУЖАНСЬКА^{1*}, І. Г. ЛЕБІДЬ^{2*}, Є. М. ЛЕБІДЬ^{3*}, О. І. МЕЛЬНИЧЕНКО^{4*}

^{1*} Кафедра «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (068) 811 61 21, ел. пошта Natali.Luzhanska@gmail.com, ORCID 0000-0002-1271-8728

^{2*} Кафедра «Міжнародні перевезення та митний контроль», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (050) 656 35 46, ел. пошта i.h.lebed@gmail.com, ORCID 0000-0003-0707-4179

^{3*} тел. +38 (073) 017 71 67, E-mail: eugene.lebed@gmail.com, ORCID 0000-0003-1794-8060

^{4*} Кафедра «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна, тел. +38 (068) 123 87 33, ел. пошта melnichenko@ntu.edu.ua, ORCID 0000-0001-9694-9824

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАЛОННОГО ВАНТАЖНОГО МИТНОГО КОМПЛЕКСУ З УРАХУВАННЯМ ІНТЕРЕСІВ СУБ'ЄКТІВ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Метою роботи є обґрунтування вибору вантажного митного комплексу для виконання митно-логістичного обслуговування при здійсненні доставки товарів у різних митних режимах. Запропонована розробка дозволить усім стейкхолдерам на основі оцінки техніко-експлуатаційних показників роботи об'єкта інфраструктури визначити доцільність співпраці як за показниками окремого вантажного митного комплексу, так і при порівнянні з іншими. **Методика.** Багатокритеріальна оцінка ефективності роботи вантажних митних комплексів виконувалася на основі імітаційної моделі, розробленої в програмному середовищі GPSS. **Результати.** Суб'єкти зовнішньоекономічної діяльності для задоволення потреб у митно-логістичному обслуговуванні звертаються до вантажних митних комплексів, керуючись потребами, які виникають при індивідуальних умовах роботи. При цьому на вибір об'єкта інфраструктури впливає ряд критеріїв та показників ефективності, що формуються та визначаються у порівнянні з конкуруючими організаціями. **Наукова новизна.** Розроблений метод визначення еталонного вантажного митного комплексу дозволить визначити оптимальні умови співпраці з об'єктами інфраструктури, враховуючи інтереси суб'єктів ринку транспортних послуг в конкретних умовах здійснення зовнішньоторговельних операцій на основі оцінки техніко-експлуатаційних показників їх роботи. **Практична значимість.** Практична значимість роботи полягає в тому, що запропонований метод дозволить замовникам митно-логістичних послуг отримати рекомендації щодо вибору вантажного митного комплексу для обслуговування на основі оцінки техніко-експлуатаційних показників роботи об'єкта інфраструктури; митні органи матимуть можливість аналізувати діяльність існуючих вантажних митних комплексів з метою визначення оптимальної кількості працівників, необхідних для забезпечення роботи митних постів на території вантажних митних комплексів; власник вантажного митного комплексу має можливість досліджувати «вузькі місця» у роботі об'єкта інфраструктури і впроваджувати заходи щодо їх усунення, а також визначити його переваги та недоліки у порівнянні з конкурентами.

Ключові слова: вантажний митний комплекс, зовнішньоторговельна операція, митно-логістична послуга, імітаційна модель, багатокритеріальна оцінка, митні органи.

Вступ

Формування сучасних стратегій розвитку економічного потенціалу держави ґрунтується на застосуванні досвіду прогресивних країн при здійсненні зовнішньоторговельних операцій. Український ринок транспортних послуг насичений значною кількістю суб'єктів ринку транспортних послуг, що надають приблизно однаковий перелік послуг. В свою чергу, замовнику послуг досить складно з усього переліку обрати організацію здатну забезпечити обслуговування відповідної якості за помірну вартість.

Здебільшого, формування логістичного ланцюга здійснюється із залученням до зовнішньоторговельних операцій транспортно-експедиторських та митно-брокерських підприємств, перевізників, складських та інших організацій. Проте чим більша кількість організацій приймає участь у доставці товару, тим складнішим є процес контролю за правомірністю та якістю їх дій. Як свідчить досвід замовників транспортних послуг, більшість з них уже перейшла або планує перехід на обслуговування з мінімальною кількістю посередників. В Україні найбільш повний спектр

послуг для забезпечення зовнішньоторговельних операцій здійснюється вантажними митними комплексами. Саме тому вони залучаються в якості ланки логістичного ланцюга з метою комплексного митно-логістичного обслуговування. Застосування їх послуг в розрізі саме повного спектру обслуговування є найбільш ефективним при експорті товарів, оскільки, в даному випадку ресурси об'єкту інфраструктури залучаються в найбільш повному обсязі. Запропоновані зміни в процедурі формування логістичного ланцюга принесуть власнику вантажного митного комплексу значні вигоди; замовники митно-логістичних послуг отримають повне та якісне обслуговування зовнішньоторговельної операції з можливістю виконання митних формальностей на об'єкті інфраструктури; митні органи забезпечать суб'єктам зовнішньоекономічної діяльності ефективне виконання митного оформлення та митного контролю з урахуванням інтересів держави як з точки зору наповнення державного бюджету, так і захисту політичних та економічних інтересів [1-4].

Мета дослідження

Діяльність вантажних митних комплексів в Україні зумовлена відсутністю єдиних технічних, технологічних та організаційних вимог до їх діяльності. В свою чергу, це формує між об'єктами інфраструктури конкурентне середовище в зв'язку з такими основними відмінностями: територіальне розташування; вартість обслуговування; площа складів тимчасового зберігання, митних складів та складів загального користування; наявність під'їзних шляхів для різних видів транспорту; перелік послуг, що надається та можливість індивідуального підходу до потреб замовника; ступінь завантаженості митного поста на території вантажного митного комплексу; час очікування в чергах на обслуговування та тривалість безпосереднього надання послуг та ін. [5]. При цьому замовник формує власні критерії вибору вантажного митного комплексу для обслуговування та здійснює оцінку ефективності співпраці за техніко-експлуатаційними показниками. Відповідно, перелік критеріїв і показників може змінюватися в залежності від умов виконання зовнішньоторговельної операції, вимог замовника щодо тривалості, вартості, якості та надійності обслуговування [6].

До прийняття рішення можуть залучатися різні фахівці підприємства-замовника митно-логістичних послуг та суб'єкти ринку транспортних послуг, і для кожного з них пріоритетними можуть бути різні аспекти роботи вантажного

митного комплексу, тому досить актуальним є розробка методу визначення еталонного вантажного митного комплексу з урахуванням інтересів суб'єктів ринку транспортних послуг. Даний метод дозволить всім стейкхолдерам отримувати рекомендації для обґрунтування вибору об'єкту інфраструктури з урахуванням індивідуальних вимог до кількісних та якісних показників їх діяльності, а також здійснювати порівняльний аналіз конкуруючих вантажних митних комплексів з метою співставлення показників та оцінки відповідності заданим умовам виконання зовнішньоторговельної операції. Недосконале правове та процедурне обґрунтування діяльності вантажних митних комплексів ускладнює процес оцінки відповідності його заданим умовам доставки та передбачає розробку та застосування різних підходів до дослідження митно-логістичного обслуговування на даному об'єкті інфраструктури [7-8].

Постановка завдання дослідження

Для прийняття управлінських рішень стосовно вибору вантажного митного комплексу доцільним є розробка інструменту придатного до застосування суб'єктами ринку транспортних послуг. Для формування оцінки даного об'єкту інфраструктури можуть бути використані різні показники ефективності, що характеризують напрямки його діяльності. Поряд з цим, оцінка конкурентоздатності кожного з досліджуваних вантажних митних комплексів буде відображати стан справ об'єкта інфраструктури як окремо, так і у порівнянні з іншими. Таким чином, якщо здійснити оцінку вантажних митних комплексів, що функціонують в Україні взагалі, або тих, які розглядаються суб'єктом ринку транспортних послуг як потенційні партнери для співпраці, буде можливо визначити об'єкт інфраструктури з найкращими показниками, так званий еталонний вантажний митний комплекс як в цілому на ринку, так і для окремих умов співпраці для замовника митно-логістичних послуг [9].

Розроблений метод передбачає можливість багатокритеріальної оцінки вантажного митного комплексу та порівняння множини об'єктів дослідження за змінними техніко-експлуатаційними показниками. Перелік показників може встановлюватися кожним суб'єктом ринку транспортних послуг як для задоволення загальних корпоративних потреб, так і індивідуальних потреб замовника стосовно доставки окремої партії товару [10].

Основний матеріал дослідження

З метою визначення ефективності об'єктів митної інфраструктури та їх порівняльної оцінки виділяються групи чинників, що характеризують різні показники діяльності вантажних митних комплексів; визначається інтегральний показник за окремою групою чинників, а також узагальнений інтегральний показник за усіма досліджуваними групами. Метод враховує відмінності та суперечливість у одиницях виміру та ознаках ефективності показників як в межах групи, так і у загальній оцінці об'єкту інфраструктури.

Набір чинників для оцінки ефективності вантажних митних комплексів має різні одиниці виміру, містить як абсолютні так і відносні показники, відрізняється один від одного якісним змістом, має неоднакову ступінь впливу (вагу) і різну спрямованість впливу на підсумковий показник ефективності. З огляду на те, що техніко-експлуатаційні показники мають різну спрямованість впливу на підсумковий показник ефективності, їх можна розділити на дві групи:

- показники першої групи, що характеризуються зворотною спрямованістю на узагальнений інтегральний критерій;

- показники другої групи, що характеризуються прямою спрямованістю на узагальнений інтегральний критерій.

Для приведення показників другої групи до показників першої групи необхідно знайти величини, зворотні до даних (їх значення звести в ступінь «мінус одиниця»). Оскільки, техніко-експлуатаційні показники мають неоднакову ступінь впливу (вагу) на підсумковий показник ефективності, необхідно провести їх ранжування за значимістю впливу на підсумковий узагальнений показник ефективності. Таким чином, всі техніко-експлуатаційні показники було проранжовано за значимістю їх впливу і вони мають єдину зворотну спрямованість на підсумковий узагальнений показник ефективності. Для кожної групи чинників формується матриця техніко-експлуатаційних показників, проранжованих за значимістю, котрі мають єдину зворотну спрямованість на підсумковий узагальнений показник ефективності оцінюваних вантажних митних комплексів (табл. 1) [11].

Для визначення параметрів еталонного вантажного митного комплексу по кожній групі чинників необхідно обрати мінімальне значення техніко-експлуатаційних показників:

$$RX_i = \min_j \{X_{ij}\}, \quad (1)$$

де X_{ij} – значення i -го техніко-експлуатаційного показника для j -го вантажного митного комплексу.

В результаті для кожної групи чинників буде сформовано вектор з параметрами еталонного вантажного митного комплексу:

$$R = \{RX_1, RX_2, \dots, RX_j, \dots, RX_n\}. \quad (2)$$

Незважаючи на те, що проаналізовані дані техніко-експлуатаційних показників є узгодженими на методологічному рівні, їх використання неможливе без попередньої підготовки [12]. Тому вихідні дані необхідно привести до деякого діапазону ($[0, \dots, 1]$), провівши їх нормалізацію шляхом ділення показників, що характеризують еталонний вантажний митний комплекс, на показники, що характеризують досліджувані вантажні митні комплекси (табл. 1) [13].

З метою оцінки ефективності роботи вантажних митних комплексів та їх порівняння, обрано техніко-експлуатаційні показники, що характеризують функціонування ВМК (локальні показники ефективності $F_1 - F_{23}$). Розглянуто п'ять вантажних митних комплексів, що мають різні характеристики оснащеності. Для заданих параметрів (інтенсивності λ_i надходження на вантажний митний комплекс автотранспортних засобів для здійснення операцій з митно-логістичного обслуговування) на основі розробленої імітаційної моделі вантажного митного комплексу проведено імітаційні експерименти для п'яти ВМК [14].

В результаті моделювання п'яти вантажних митних комплексів визначено локальні показники, що характеризують ефективність роботи ВМК, серед яких: середній час перебування автотранспортних засобів на вантажному митному комплексі для здійснення операцій з митно-логістичного обслуговування ($F_1 - F_5$); коефіцієнти завантаження, середній час простою в чергах і середні довжини черг ($F_6 - F_{23}$).

Показники ефективності роботи ВМК мають різну спрямованість впливу на підсумковий показник ефективності:

- локальні показники $F_1 - F_{14}, F_{16} - F_{17}, F_{19} - F_{20}, F_{22} - F_{23}$ мають властивість зворотної спрямованості на узагальнений інтегральний показник;

- локальні показники F_{15}, F_{18}, F_{21} мають властивість прямої спрямованості на узагальнений інтегральний показник.

Локальні показники ефективності роботи ВМК

№	Локальні показники ефективності роботи ВМК		Значення показників				
			ВМК №1	ВМК №2	ВМК №3	ВМК №4	ВМК №5
1	F ₁	Митне оформлення при експорті товарів, t_1 , хв.	154	147	256	483	724
2	F ₂	Митне оформлення при імпорті товарів, t_2 , хв.	155	148	255	485	727
3	F ₃	Комплексне митно-логістичне обслуговування, t_3 , хв.	903	488	511	512	531
4	F ₄	Розміщення товарів на митному складі, t_4 , хв.	338	337	363	352	372
5	F ₅	Розміщення товарів на складі тимчасового зберігання, t_5 , хв.	338	331	438	633	833
6	F ₆	Коефіцієнт завантаження митного інспектора, ψ_1	0,87	0,91	0,96	1	1
7	F ₇	Середній час простою в черзі до митного інспектора, w_1 , хв.	6	10	55	39	25
8	F ₈	Середня довжина черги до митного інспектора, η_1 , ТЗ	5	7	10	16	12
9	F ₉	Коефіцієнт завантаження стоянки в зоні митного контролю, ψ_2	0,65	0,51	0,49	0,79	0,91
10	F ₁₀	Середній час простою у черзі до стоянки в зоні митного контролю, w_2 , хв.	18	11	5	21	28
11	F ₁₁	Середня довжина черги до стоянки в зоні митного контролю, η_2 , ТЗ	6	4	2	9	13
12	F ₁₂	Коефіцієнт завантаження стоянки для затриманих ТЗ, ψ_3	0,27	0,22	0,45	0,57	0,21
13	F ₁₃	Середній час простою у черзі на стоянку для затриманих ТЗ, w_3 , хв.	4	10	2	3	1
14	F ₁₄	Середня довжина черги на стоянку для затриманих ТЗ, η_3 , ТЗ	0,18	0,05	0,35	0,4	0,03
15	F ₁₅	Коефіцієнт завантаження комерційного складу, ψ_4	0,83	0,79	0,8	0,55	0,49
16	F ₁₆	Середній час простою у черзі до комерційного складу, w_4 , хв.	4	2	1,8	1,5	0,7
17	F ₁₇	Середня довжина черги до комерційного складу, η_4 , ТЗ	0,05	0,01	0,015	0,005	0,003
18	F ₁₈	Коефіцієнт завантаження митного складу, ψ_5	0,33	0,91	0,77	0,83	0,87
19	F ₁₉	Середній час простою у черзі до митного складу, w_5 , хв.	3	7	9	11	12,5
20	F ₂₀	Середня довжина черги до митного складу, η_5 , ТЗ	0,009	0,035	0,021	0,044	0,05
21	F ₂₁	Коефіцієнт завантаження складу тимчасового зберігання, ψ_6	0,55	0,25	0,45	0,61	0,48
22	F ₂₂	Середній час простою у черзі до складу тимчасового зберігання, w_6 , хв.	1,5	0,09	1	1,11	0,8
23	F ₂₃	Середня довжина черги до складу тимчасового зберігання, η_6 , ТЗ	0,095	0,003	0,05	0,02	0,015

Локальні показники другої групи F₁₅, F₁₈, F₂₁ приведені до показників першої групи. Проведено ранжування показників за значимістю їх впливу на підсумковий узагальнений показник ефективності роботи об'єкту інфраструктури.

Всі локальні показники ефективності проранжовано за значимістю їх впливу. Вони мають єдину зворотну спрямованість на підсумковий узагальнений показник ефективності (табл. 2).

Ранжована матриця локальних показників ефективності роботи ВМК

№	Ранжовані локальні показники ефективності ВМК		Значення локальних показників ефективності ВМК					Еталонний ВМК
			ВМК №1	ВМК №2	ВМК №3	ВМК №4	ВМК №5	
1	F4	Розміщення товарів на митному складі, t_4 , хв.	338	337	363	352	372	337
2	F5	Розміщення товарів на складі тимчасового зберігання, t_5 , хв.	338	331	438	633	833	331
3	F1	Митне оформлення при експорті товарів, t_1 , хв.	154	147	256	483	724	147
4	F2	Митне оформлення при імпорті товарів t_2 , хв.	155	148	255	485	727	148
5	F3	Комплексне митне-логістичне обслуговування, t_3 , хв.	903	488	511	512	531	488
6	F6	Коефіцієнт завантаження митного інспектора, ψ_1	0,87	0,91	0,96	1	1	0,87
7	F7	Середній час простою у черзі до митного інспектора, w_1 , хв.	6	10	55	39	25	6
8	F8	Середня довжина черги до митного інспектора, η_1 , ТЗ	5	7	10	16	12	5
9	F15	Коефіцієнт завантаження комерційного складу, ψ_4	1,205	1,266	1,250	1,818	2,041	1,205
10	F16	Середній час простою у черзі до комерційного складу, w_4 , хв.	4	2	1,8	1,5	0,7	0,7
11	F17	Середня довжина черги до комерційного складу, η_4 , ТЗ	0,05	0,01	0,015	0,005	0,003	0,003
12	F18	Коефіцієнт завантаження митного складу, ψ_5	3,030	1,099	1,299	1,205	1,149	1,099
13	F19	Середній час простою у черзі до митного складу, w_5 , хв.	3	7	9	11	12,5	3
14	F20	Середня довжина черги до митного складу, η_5 , ТЗ.	0,009	0,035	0,021	0,044	0,05	0,009
15	F9	Коефіцієнт завантаження стоянки в зоні митного контролю, ψ_2	0,65	0,51	0,49	0,79	0,91	0,49
16	F10	Середній час простою у черзі до стоянки в зоні митного контролю, w_2 , хв.	18	11	5	21	28	5
17	F11	Середня довжина черги до стоянки в зоні митного контролю, η_2 , ТЗ	6	4	2	9	13	2
18	F21	Коефіцієнт завантаження складу тимчасового зберігання, ψ_6	1,818	4,000	2,222	1,639	2,083	1,639
19	F22	Середній час простою у черзі до складу тимчасового зберігання, w_6 , хв.	1,5	0,09	1	1,11	0,8	0,09
20	F23	Середня довжина черги до складу тимчасового зберігання, η_6 , ТЗ	0,095	0,003	0,05	0,02	0,015	0,003
21	F12	Коефіцієнт завантаження стоянки для затриманих ТЗ, ψ_3	0,27	0,22	0,45	0,57	0,21	0,21
22	F13	Середній час простою у черзі до стоянки для затриманих ТЗ, w_3 , хв.	4	10	2	3	1	1
23	F14	Середня довжина черги до стоянки для затриманих ТЗ, η_3 , ТЗ	0,18	0,05	0,35	0,4	0,03	0,03

Для визначення техніко-експлуатаційних показників еталонного ВМК по кожному показнику обрано мінімальне значення локального показника ефективності роботи ВМК. Проведена нормалізація даних шляхом ділення техніко-експлуатаційних показників, що

характеризують еталонний ВМК [15], на відповідні показники, що характеризують роботу кожного ВМК (табл. 3). Значимість показників ефективності роботи ВМК визначається ваговим коефіцієнтом W_i , який відображає внесок кожного показника в інтегральний показник.

Нормалізація матриці відношень показників ефективності роботи ВМК

№	Відношення показників ефективності	Значення відношень показників ефективності ВМК					
		ВМК №1	ВМК №2	ВМК №3	ВМК №4	ВМК №5	Еталонний ВМК
1	F ₄	0,997	1,000	0,928	0,957	0,906	1
2	F ₅	0,979	1,000	0,756	0,523	0,397	1
3	F ₁	0,955	1,000	0,574	0,304	0,203	1
4	F ₂	0,955	1,000	0,580	0,305	0,204	1
5	F ₃	0,540	1,000	0,955	0,953	0,919	1
6	F ₆	1,000	0,956	0,906	0,870	0,870	1
7	F ₇	1,000	0,600	0,109	0,154	0,240	1
8	F ₈	1,000	0,714	0,500	0,313	0,417	1
9	F ₁₅	1,000	0,952	0,964	0,663	0,590	1
10	F ₁₆	0,175	0,350	0,389	0,467	1,000	1
11	F ₁₇	0,060	0,300	0,200	0,600	1,000	1
12	F ₁₈	0,363	1,000	0,846	0,912	0,956	1
13	F ₁₉	1,000	0,429	0,333	0,273	0,240	1
14	F ₂₀	1,000	0,257	0,429	0,205	0,180	1
15	F ₉	0,754	0,961	1,000	0,620	0,538	1
16	F ₁₀	0,278	0,455	1,000	0,238	0,179	1
17	F ₁₁	0,333	0,500	1,000	0,222	0,154	1
18	F ₂₁	0,902	0,410	0,738	1,000	0,787	1
19	F ₂₂	0,060	1,000	0,090	0,081	0,113	1
20	F ₂₃	0,032	1,000	0,060	0,150	0,200	1
21	F ₁₂	0,778	0,955	0,467	0,368	1,000	1
22	F ₁₃	0,250	0,100	0,500	0,333	1,000	1
23	F ₁₄	0,167	0,600	0,086	0,075	1,000	1

Значимість кожного чинника визначається ваговим коефіцієнтом W_i , який відображає внесок кожного чинника в інтегральний критерій по кожній групі, і визначається за формулою:

$$W_i = (\ln M_i + 1)^{n-i}, \quad i = (\overline{1, n}), \quad (3)$$

де M_i – відношення максимального значення відносної величини до мінімального значення; n – кількість техніко-економічних показників.

Значення вагових коефіцієнтів W_i визначається за формулою (3) для $n=11$. При цьому групи показників ефективності $F_6 - F_8, F_{15} - F_{17}, F_{18} - F_{20}, F_9 - F_{11}, F_{21} - F_{23}, F_{12} - F_{14}$ мають однакові вагові коефіцієнти. Узагальнені показники ефективності роботи ВМК FG_j і еталонного ВМК FRG розраховані за формулами (4-5) і представлені у табл. 4.

Узагальнений показник ефективності для оцінки вантажного митного комплексу по кожній групі чинників визначається за формулою:

$$FG_j = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{RX_i}{X_{ij}} = \sum_{i=1}^n (\ln M_i + 1)^{n-i} \cdot \frac{RX_i}{X_{ij}}, \quad (4)$$

$$j = (\overline{1, m}).$$

Узагальнений показник ефективності для еталонного вантажного митного комплексу дорівнює:

$$FRG_j = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{RX_i}{RX_i} = \sum_{i=1}^n (\ln M_i + 1)^{n-i}, \quad (5)$$

$$j = (\overline{1, m}).$$

Матриця показників ефективності роботи ВМК з урахуванням вагових коефіцієнтів

№	Відношення	W_i	Показники ефективності з урахуванням вагових коефіцієнтів					
			ВМК №1	ВМК №2	ВМК №3	ВМК №4	ВМК №5	Еталонний ВМК
1	F ₄	2,56	2,56	2,56	2,38	2,45	2,32	2,56
2	F ₅	360,98	353,40	360,98	272,90	188,79	143,31	360,98
3	F ₁	2053,50	1961,10	2053,50	1178,71	624,27	416,86	2053,50
4	F ₂	781,03	745,89	781,03	453,00	238,22	159,33	781,03
5	F ₃	17,82	9,62	17,82	17,02	16,98	16,38	17,82
6	F ₆	1,92	1,92	1,83	1,74	1,67	1,67	1,92
7	F ₇	344,24	344,24	206,54	37,52	53,01	82,62	344,24
8	F ₈	47,19	47,19	33,69	23,59	14,77	19,68	47,19
9	F ₁₅	5,45	5,45	5,18	5,25	3,61	3,21	5,45
10	F ₁₆	56,61	9,91	19,81	22,02	26,44	56,61	56,61
11	F ₁₇	211,47	12,69	63,44	42,29	126,88	211,47	211,47
12	F ₁₈	8,16	2,96	8,16	6,90	7,44	7,80	8,16
13	F ₁₉	14,30	14,30	6,13	4,76	3,90	3,43	14,30
14	F ₂₀	20,01	20,01	5,14	8,58	4,10	3,60	20,01
15	F ₉	2,62	1,98	2,52	2,62	1,63	1,41	2,62
16	F ₁₀	7,40	2,06	3,37	7,40	1,76	1,32	7,40
17	F ₁₁	8,24	2,74	4,12	8,24	1,83	1,27	8,24
18	F ₂₁	1,89	1,71	0,78	1,40	1,89	1,49	1,89
19	F ₂₂	3,81	0,23	3,81	0,34	0,31	0,43	3,81
20	F ₂₃	4,44	0,14	4,44	0,27	0,67	0,89	4,44
21	F ₁₂	1,00	0,78	0,96	0,47	0,37	1,00	1,00
22	F ₁₃	1,00	0,25	0,10	0,50	0,33	1,00	1,00
23	F ₁₄	1,00	0,17	0,60	0,09	0,08	1,00	1,00
Узагальнений показник ефективності FG_j, FRG			3541,26	3586,54	2098,00	1321,40	1138,11	3956,65

Інтегральний показник багатокритеріальної оцінки ВМК IG_j , який визначає величину відхилення узагальненого показника ефективності ВМК, який оцінюється, від узагальненого показника ефективності для еталонного ВМК, розраховується за формулою (6) і наведений у табл. 5.

Інтегральний показник багатокритеріальної оцінки вантажного митного комплексу за групами чинників визначається шляхом зіставлення узагальненого показника ефективності для еталонного вантажного митного комплексу з узагальненим показником вантажного митного комплексу, що оцінюється:

$$\begin{aligned}
 IG_j &= FRG_j - FG_j = \\
 &= \sum_{i=1}^n W_i \cdot \left(1 - \frac{RX_i}{X_{ij}} \right) = \\
 &= \sum_{i=1}^n (\ln M_i + 1)^{n-i} \cdot \left(1 - \frac{RX_i}{X_{ij}} \right), \\
 & \quad j = \overline{(1, m)}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Узагальнений інтегральний критерій на основі техніко-експлуатаційних показників функціонування вантажних митних комплексів дорівнює сумі інтегральних показників багатокритеріальної оцінки за групами:

$$I_j = \sum IG_j, \tag{7}$$

Чим меншим є за абсолютною величиною узагальнений інтегральний показник ефективності багатокритеріальної оцінки, тим вище ефективність оцінюваного вантажного митного комплексу, тобто тим ближчою є ефективність оцінюваного комплексу до еталонного.

Розрахунок інтегрального показника багатокритеріальної оцінки ВМК

№	Відношення	Відхилення узагальнених показників ВМК від показників еталонного ВМК				
		ВМК №1	ВМК №2	ВМК №3	ВМК №4	ВМК №5
1	F ₄	0,01	0,00	0,18	0,11	0,24
2	F ₅	7,58	0,00	88,08	172,19	217,67
3	F ₁	92,41	0,00	874,79	1429,24	1636,64
4	F ₂	35,15	0,00	328,03	542,82	621,70
5	F ₃	8,20	0,00	0,80	0,84	1,44
6	F ₆	0,00	0,08	0,18	0,25	0,25
7	F ₇	0,00	137,69	306,71	291,22	261,62
8	F ₈	0,00	13,50	23,59	32,42	27,51
9	F ₁₅	0,00	0,26	0,20	1,84	2,23
10	F ₁₆	46,70	36,80	34,59	30,17	0,00
11	F ₁₇	198,78	148,03	169,18	84,59	0,00
12	F ₁₈	5,20	0,00	1,26	0,72	0,36
13	F ₁₉	0,00	8,16	9,54	10,39	10,87
14	F ₂₀	0,00	14,87	11,42	15,91	16,41
15	F ₉	0,65	0,10	0,00	1,00	1,21
16	F ₁₀	5,34	4,03	0,00	5,64	6,08
17	F ₁₁	5,50	4,12	0,00	6,41	6,97
18	F ₂₁	0,19	1,12	0,50	0,00	0,40
19	F ₂₂	3,58	0,00	3,47	3,50	3,38
20	F ₂₃	4,30	0,00	4,18	3,78	3,55
21	F ₁₂	0,22	0,05	0,53	0,63	0,00
22	F ₁₃	0,75	0,90	0,50	0,67	0,00
23	F ₁₄	0,83	0,40	0,91	0,93	0,00
Інтегральний показник IG_j		415,39	370,11	1858,65	2635,25	2818,54

В результаті проведених розрахунків, інтегральні показники оцінки ефективності роботи ВМК у співставленні з еталонним ВМК мають наступні значення: ВМК № 1 – 415,39; ВМК № 2 – 370,11; ВМК № 3 – 1858,65; ВМК № 4 – 2635,25; ВМК № 5 – 2818,54. Показники ефективності вантажних митних комплексів № 2 і № 1 порівняно з еталонним ВМК мають найкращі характеристики оснащеності для організації митно-логістичного обслуговування.

Висновки

Запропонований метод дозволяє здійснювати розподіл техніко-експлуатаційних показників роботи вантажного митного комплексу на групи за напрямками діяльності, що дадуть можливість враховувати відмінності у технічному, технологічному та організаційному забезпеченні; визначати узагальнений інтегральний показник за інтегральними показниками груп чинників, на основі яких проводиться дослідження об'єкта інфраструктури. Окрім цього може бути здійснено оцінку ефективності роботи вантажного митного комплексу як його власником для прийняття управлінських рішень щодо оптимізації

внутрішніх процесів, так і митними органами для контролю за здійсненням митних формальностей та плануванням роботи кадрового забезпечення митного поста на території об'єкту інфраструктури, а також безпосередньо замовників митно-логістичних послуг, що здійснюють порівняльний аналіз між декількома вантажними митними комплексами щоб обрати найефективніший варіант для співпраці.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інфраструктурне забезпечення розвитку транспортної системи регіону : монографія / Заблудська І. В. та ін. Сєверодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2016. 193 с.
2. Кузьменко А.В. Аналіз оцінки рівня наявних об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури підприємства // Економіка і суспільство. 2017. Вип. 9. С. 484-490.
3. Очеретенко С. В., Дмитрієва К. С. Дослідження питання удосконалення системи доставки вантажів у міжнародному сполученні на автотранспортних підприємствах // Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура. 2018. Вип. 140. С. 76–80.
4. Методологія формування транспортно-митної

інфраструктури в Україні : монографія / Пасічник А. М. та ін. Дніпропетровськ : УМСФ, 2016. 168 с.

5. Пасічник А.М. Сучасні транспортно-митні технології міжнародних перевезень товарів : монографія. Дніпропетровськ : АМСУ. 2012. 288 с.

6. Неліпович О. В. Руда Т. В., Попель С.А. Митні технології та логістичні системи у забезпеченні митного контролю // Митна безпека. 2014. № 2. С. 17–23.

7. Воркут Т. А., Білоног О. Є. Методичні основи формування стратегічного портфеля проектів систем перевезень в організаціях термінальної доставки вантажів автомобільним транспортом // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. 2012. Вип. 9. С. 15–24. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2012_9_5.

8. Luzhanska N., Kotsiuk O., Lebid I. Technical Support For Freight Customs Complex Operation // Вісник Східноукраїнського Національного Університету Імені Володимира Даля. 2019. № 2 (250). С. 7-11.

9. Luzhanska N. Impact of the Cargo Customs Complex Efficiency on the Supply Chain Reliability // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. 2020. № 1 (5). P. 96-102. DOI: <http://dx.doi.org/10.14254/jsdtl.2020.5-1.9>

10. Luzhanska N. Simulation and optimization of freight customs complexes based on queueing systems // Transport systems and transportation technologies. 2020. №19. С. 37-42. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2020/208693>

11. Luzhanska N. O. Improvement of Operational Efficiency of Cargo Customs Complexes: Thesis for a Candidate Degree in Engineering Science: 05.22.01 / NTU. Kyiv, 2021. 204 p.

12. Pasichnyk A., Mallnow V., Kutyrev V. Customs restricted facilities within the logistics transport and customs complex // Customs Scientific Journal CUSTOMS. 2017. Vol.7. № 2. P. 31-53.

13. Pasichnyk A., Vitruh I., Kutyrev V. Factors that influence the formation of the transport-logistics networks // Systemy i srodki transportu samochodowego. Politechnika Rzeszowska. 2013. P. 517–526.

14. Mazurenko A., Kudriashov A., Lebid I., Luzhanska N., Kravchenya I., Pitsyk M. Development of a simulation model of a cargo customs complex operation as a link of a logistic supply chain // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Control processes. 2021. Vol. 5, No. 3 (113). 19-29. doi: 10.15587/1729-4061.2021.242915

15. Dai B., Nu Y., Xie X., Li J. Interactions of Traceability and Reliability Optimization in a Competitive Supply Chain with Product Recall // European Journal of Operational Research. 2021. № 290 (1). P. 116–131. Doi: 10.1016/J.Ejor.2020.08.003

Надійшла до редколегії 14.06.2022.

Прийнята до друку 20.06.2022.

N. LUZHANSKA, I. LEBID, E. LEBID, O. MELNICHENKO

METHOD FOR DETERMINATION OF THE BENCHMARK FREIGHT CUSTOMS COMPLEX TAKING INTO ACCOUNT TRANSPORT MARKET PARTICIPANTS' INTERESTS IN INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION

The paper **aims to** substantiate the choice of a freight customs complex for customs and logistics services in the delivery of goods in different customs regimes. The proposed development will allow all stakeholders to determine the feasibility of cooperation both relying on the indicators of an individual freight customs complex and in comparison with others based on the assessment of the technical and operational performance of the infrastructure facility. **Methods.** We carried out a multicriteria assessment of the efficiency of freight customs complexes on the basis of a simulation model developed in the GPSS software environment. **Results.** Entities engaged in foreign economic activities turn to freight customs complexes to meet their needs for customs and logistics services guided by requirements arising under individual operating conditions. The choice of an infrastructure facility is influenced by some criteria and performance indicators that are formed and determined in comparison with competing organizations. **Scientific novelty.** The developed method of determining the benchmark freight customs complex will be useful for identifying the optimal conditions for cooperation with infrastructure facilities, taking into account the interests of transport market participants in specific conditions of foreign trade operations based on the assessment of their technical and operational performance. **Practical implications.** The practical significance of the paper is that the proposed method will allow customers of customs and logistics services to get recommendations for the choice of a freight customs complex to get serviced based on the assessment of the technical and operational performance of the infrastructure facility; customs authorities will be able to analyze the operation of existing freight customs complexes to determine the optimal number of employees needed to ensure the operation of customs checkpoints on the territory of freight customs complexes; the owner of a freight customs complex has the opportunity to discover «bottlenecks» in the operation of the infrastructure facility and take measures to eliminate them, as well as to determine its advantages and disadvantages as compared to competitors.

Keywords: freight customs complex, foreign trade operation, customs and logistics service, simulation model, multicriteria assessment, customs authorities.

УДК 656.211.3:656.211.5

В. В. СКАЛОЗУБ^{1*}, В. М. ГОРЯЧКІН^{2*}, М. В. СКАЛОЗУБ^{3*}, І. А. ТЕРЛЕЦЬКИЙ^{4*}

^{1*} Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-52, ел. пошта skalozub.vl.v@gmail.com, Scopus Author ID: 15731663600, ORCID 0000-0002-1941-4751

^{2*} Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-35, ел. пошта vgora@ukr.net, ORCID 0000-0002-8952-952X

^{3*} Компанія Zettle by PayPal, Stockholm, Sweden. тел. +380 95 502 6979, ел. пошта skalozubm@gmail.com

^{4*} Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-35, ел. пошта igor.terletskiy.96@gmail.com ORCID 0000-0001-8324-4673

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ГЕТЕРОГЕННИМИ ОПЕРАТОРАМИ

В статті представлено результати досліджень моделей і алгоритмів формування широкого кола транспортно-логістичних процесів реального часу, при виконанні яких утворюються упорядковані структури масових замовлень. При цьому використовуються оператори, які мають різну складність, «вагу». Вирішуються питання щодо створення формальних моделей наборів вхідних даних, на основі яких ведеться ефективна реалізація технологічних і логістичних процесів. Призначення моделей – удосконалення процедур процесів оптимального упорядкування та класифікації послідовностей елементів аналізу, замовлень. Нами запропоновані нові спеціалізовані моделі (графові моделей, бінарні дерева) для вхідних (первинних) множин елементів, а також алгоритми їх оброблення, які забезпечують підвищення ефективності складових процесу упорядкування. Крім того графові моделі і алгоритми дозволяють вирішувати завдання класифікації для даних різних типів, а також являються придатними для упорядкування мульти-послідовностей замовлень. Шляхом порівняльного аналізу встановлена висока обчислювальна ефективність запропонованих нових алгоритмів упорядкування та класифікації даних. В статті приведено змістовні приклади та відзначено особливості завдань упорядкування та класифікації мульти-послідовностей замовлень к масштабі реального часу. А саме, це завдання розформування-формування залізничних составів і завдання «масової доставки замовлень товарів за адресою». Для демонстрації моделей та алгоритмів надані приклади реалізації завдань формування та перетворення бінарних графових моделей потоків даних реального часу. Утворені моделі також були застосовані для завдань ефективного сортування, класифікації при інтервальної невизначеності даних. В роботі нами досліджено можливості утворення структур нечіткого упорядкування та класифікації числових даних що надходять у режимі реального часу.

Ключові слова: інформаційні системи, транспортно-логістичні процеси реального часу, мульти-послідовності замовлень, оптимальне упорядкування та класифікація, моделі і алгоритми формування структур даних, розформування-формування, масова доставки товарів за адресою.

Вступ

Організація, оптимальне планування та управління для багатьох транспортно-логістичних, інформаційних, технологічних та ряду інших процесів ґрунтується на моделях упорядкування, а також узагальнення (класифікації) послідовностей елементів (замовлень) певного виду та призначення. Завдання та моделі і методи щодо визначення та утворення таких оптимальних послідовностей залежать (відрізняються) від множин можливих операторів формування, числа виконавців та зон обслуговування (ЗО) тощо [1, 2, 9]. Матеріально-технічні процедури, призначені для створення заданих упорядкувань

елементів моделей планування та управління, суттєво відрізняються від широко відомих завдань сортування сфери програмування та комп'ютерних технологій [7, 9]. Для нашого дослідження суттєвими являються урахування факторів неперервного (*real time*) надходження елементів потоку вхідних даних до системи планування, а також неоднорідності (гетерогенності), складності або «ваги» окремих операторів формування послідовностей елементів [2, 6]. Важливими прикладами зазначених процесів є розформування-формування залізничних составів (РФ переробка потоків вантажів у транспортних

вузлах, формування потоків замовлень у матеріальних сховищах ін. Специфіка завдань упорядкування *real time* потоків з урахуванням «ваги» операцій, незалежно від конкретного практичного застосування, їх змістовність полягає в урахуванні процесу надходження замовлень, залежності складності процесів від структури операторів формування (ОФ), кількості «виконавців» та числа зон обслуговування (ЗО), в яких можливо виконувати певні операції формування [9]. Моделі та комп'ютерні алгоритми завдань оптимального планування та управління на основі упорядкування послідовностей елементів мають враховувати (бажано універсальним чином) зазначену особливість завдань упорядкування з урахуванням факторів *real time* та «ваги» операцій.

Розробка теоретичних підходів, моделей та алгоритмів, призначених для реалізації широкого кола завдань оптимального планування та управління на основі упорядкування та класифікації *real time* послідовностей замовлень з урахуванням «ваги» операторів формування натепер є важливим та актуальним науково-прикладним завданням.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми

Питання щодо організації різноманітних процесів оптимального планування та управління на основі реалізації завдань упорядкування та класифікації недетермінованих послідовностей елементів досліджуються у багатьох наукових джерелах [1]. Проблеми розвитку транспортно-логістичних технологій сфери залізничного транспорту (формування-розформування (РФ) багатогрупових составів поїздів) представлені в публікаціях [1, 9]. В них і досліджені різноманітні методи та засоби реалізації завдань РФ. В статтях [2, 3, 11] відзначено нові проблеми моделювання завдань упорядкування при формальному урахуванні множин та «ваги» операторів формування. Застосування завдань і моделей упорядкування елементів для управління ланцюгами постачання та сортування замовлень дистрибуційного логістичного центру приведено в [8], В [10], за допомогою моделей групового сортування виконується вибір функцій класифікації даних. В [3, 4, 5] приведені та досліджені моделі та комп'ютерні алгоритми сортування, а також наведені методики оцінки їх порівняльної ефективності.

В статтях [2, 9] була запропонована узагальнена модель упорядкування мульти-послідовно-

стей замовлень з урахуванням складності операторів формування (УМПСО), яка дозволяє представити широке коло завдань оптимального обслуговування потоків замовлень у вигляді спеціалізованих «сервісних систем». Модель УМПСО визначає нову змістовну та формальну постановку завдань планування на основі процедур упорядкування, побудувати метрики для оцінювання станів процесів формування. Для реалізації моделей УМПСО в [2] були сформовані багатопарові конструктивні структури моделювання, які дозволили розвинути формальні засоби конструктивного моделювання складних систем та процесів [7, 8, 9].

Для реалізації моделей упорядкування послідовностей УМПСО в роботах [2, 7] були застосовані інтелектуальні технології. Відзначається зростання публікації присвячених застосуванню інтелектуальних систем (ІС) та їх елементів для вирішення транспортно-логістичних завдань. В роботі [12] моделі ІС у вигляді генетичних алгоритмів використані для розрахунків планів формування поїздів. Приклади вирішення завдань інтелектуального аналізу даних і застосування методів інтелектуальних транспортних систем наведені в [13, 14]. Застосування моделей і методів нейронних мереж та широкий спектр методів штучного інтелекту для реалізації інтелектуальних засобів технологій транспорту приведений в [15]. Стосовно моделювання процесів УМПСО у [7, 9] вирішується завдання щодо підвищення ефективності оптимального планування за рахунок спеціалізованих інтелектуальних процедур пошуку рішень на основі діагностування засобами мережі Хеммінга [15]. Відзначимо зростання моделей та алгоритмів ІС для формування та удосконалення процесів оптимального планування та управління на транспорті і логістичних системах.

Мета і завдання дослідження

Мета представленої роботи полягає у розробці теоретичних підходів, моделей та алгоритмів, призначених для завдань оптимального планування (ОП) та управління на основі упорядкування та класифікації *real time* послідовностей замовлень з урахуванням «ваги» операторів формування. В статті вирішуються питання щодо формування моделей і удосконалення процедур процесів упорядкування (подібно сортуванню) *real time* послідовностей елементів неоднорідними операторами. Завдання ОП реалізується шляхом утворення спеціалізованих моделей (графових моделей, бінарні дерева) вхідних (пе-

рвинних) множин елементів і алгоритмів їх оброблення, призначених для підвищення ефективності складових процесу упорядкування та класифікації. Запропоновані моделі і алгоритми крім того дозволяють вирішувати завдання класифікації та інтерпретації для даних різних типів. Запропоновані засоби моделювання та аналізу також являються придатними для *real time* упорядкування та класифікації мульти-последовностей замовлень.

Матеріали та методи дослідження

Для удосконалення процесів та алгоритмів ОП на основі *real time* упорядкування последовностей елементів неоднорідними операторами нами утворюються нові спеціалізовані моделі, які представляють потоки вхідних даних, а також функції що визначають певні перетворення структури моделей. В основу процедур моделювання *real time* вхідних последовностей покладено загальну структуру алгоритму сортування на бінарних деревах [4, 5]. Відмінність та результативність запропонованих у цій статті моделей *real time* процесів полягає в утворенні в рамках загальної структури графових моделей (бінарні дерева вхідних множин елементів) нових функцій аналізу та алгоритмів перетворення структур даних моделей, що дозволяють реалізувати завдання класифікації, інтерпретації та планування [8, 12, 13]. Такі моделі далі забезпечують можливості розрахунку безпосередньо номерів позицій кожного елемента у цільовій впорядкованій последовності. При цьому також будується процедура, яка дозволяє ефективно утворити последовність елементів з визначеним оптимальним порядком. Запропоновані модель та алгоритми формування та перетворення бінарного дерева потоку *real time* замовлень може бути використана як для окремих вхідних неупорядкованих последовностей (або множин) елементів, так і для узагальнених завдань, в яких із «р» вхідних неупорядкованих последовностей формується «q» вихідних упорядкованих последовностей елементів. Тобто при цьому змістовно вирішується більш широке завдання оптимального упорядкування мульти-последовностей з урахуванням «ваги» операторів формування [2, 9]. Суттєвою новою властивістю запропонованих у статті алгоритмів аналізу бінарних графових моделей (АБГМ) первинних множин елементів являється можливість на їх основі формально виконувати процедури узагальнення вузлів, що дозволяє в подальшому вирішувати завдання детермінованої та нечіткої класифікації. Тобто за допомогою АБГМ можливо

виконувати аналіз, упорядкування і класифікацію *real time* наборів даних різних типів – детермінованих, інтервальних, нечітких ін.

При формуванні графової моделі для процесів АБГМ щодо представлення *real time* вхідних даних що упорядковуються, можна вважати основним завданням наступне – для кожного вхідного елемента необхідно розрахувати (встановити) номер позиції його розташування в цільовому варіанті. Таке проміжне завдання не очевидне. Наприклад, у поширених алгоритмах сортування [3, 4, 11] позиція елементів визначаються процесом формування, а не розраховуються за первинними даними. В алгоритмі сортування на бінарних деревах [4] рекурентна модель даних, призначених для сортування, використовується для відображення кількісних відношень між елементами последовності. Для операції упорядкування «сортування» пропонується застосовувати деяку последовність обходу утвореного бінарного дерева. При тому також визначені оцінки складності такого алгоритму.

В різних завданнях ОП визначення позиції елемента (замовлень) має різну важливість та складність. У класичних завданнях РФ составів номер позиції визначається на основі коду пункту призначення, відомий апріорі [1]. В завданнях *real time* масової доставки товарів за адресою визначення номеру позиції розташування потребує попереднього аналізу всього масову даних, а також урахування особливостей процесів виконання певних логістичних процедур доставки. Відзначимо важливе значення процедур упорядкування последовностей (наборів) для формування спеціалізованих алгоритмів класифікації даних, що запропоновану у нашій роботі. Процедури «сортування» безпосередньо зв'язані з завданнями класифікації. Сформулюємо завдання класифікації таким чином, щоб в кожному окремому класі були елементи, які відрізняються на встановлену величину, в певному діапазоні Δ . Тоді при $\Delta=0$ завдання класифікації перетворюється в завдання «сортування» - різні величини в різних класах. При $\Delta > 0$ в діапазоні будуть потрапляти кілька елементів, утворюються «класи», які можна перелічити. Змінюючи величину $\Delta > 0$, можливо отримати різні структури класифікації. Що представлено далі в статті.

Призначення АБГМ – відобразити зв'язки між усіма елементами вхідних даних з точки зору їх потенційного упорядкування та перетворень для класифікації даних *real time*. Для наочності приведемо графічну модель упорядкування последовності величин (табл.1, рис.1).

Таблиця 1

**Результати процедури упорядкування вектору
за моделлю АБГМ**

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vect	60	10	50	29	5	1	90	200	40	2
Pos	6	10	5	2	4	9	3	1	7	8
Val	1	2	5	10	202	40	505	60	90	200

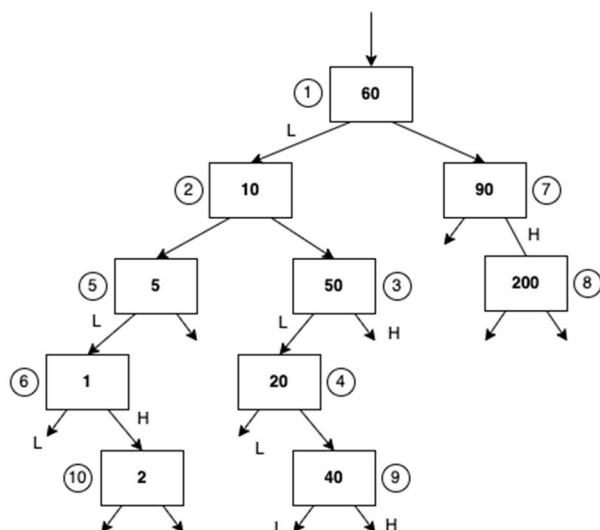


Рис 1. Схема бінарної графової моделі (БГМ)
послідовності Vect

В табл. 1 рядки містять наступне: - перший рядок N нумерує початкові елементи вектору Vect, що надходять до системи аналізу послідовно, значення яких показані у 2 рядку; - рядки Pos (номер елементу вектору N) і Val (значення відповідного елементу) представляють результати виконання процедури упорядкування. Саме для розрахунку рядку Pos формується бінарна графова модель вектору Vect, рис.1, структура якої подібна до алгоритму [4]. Кожний вузол АБГМ має дві вихідні гілки – ліву L (менше, Less) та праву H (вище, higher). Шляхом формування БГМ за рахунок збереження посилань на відповідні елементи вектору Vect формується модель вхідних даних. При цьому спочатку виконання алгоритму формування дерева моделі Vect має один вузол ($T = Vect(1)$), а також «порожні» показники гілок для наступних вузлів – $L(nil)$, $H(nil)$. При побудові АБГМ *On-line* послідовно за номерами N виконується аналіз величин $Vect(k)$, $k=2, 3, \dots, N$. Якщо для поточного вузла $Vect(T)$, виконується умова $Vect(k) < Vect(T)$, тоді подальший аналіз величини елементу вектору $Vect(k)$ виконується у лівій гілці моделі (позначка L). У випадку $Vect(k) > Vect(T)$, аналіз елементу $Vect(k)$ виконується у правій гілці моделі (позначка H). При тому коли відповідні гілки (L або H) ще не були утворені, тоді виконується формування нового вузла моделі

БГМ. Для цього позначкам (L або H) призначаються нові вузли зі структурою ($Vect(k)$, $L(nil)$, $H(nil)$). У випадку рівності значень елементів із вектору з вузловим значенням $Vect(k) = Vect(T)$, $Vect(T)$ створюється (далі поповнюється) список елементів вектору Vect, які мають однакові значення $Vect(k)$. При цьому нових вузлів у моделі БГМ не утворюється.

На рис. 1 представлена БГМ для вектору табл. 1, в ній стрілки без вузлів з позначками (L або H) указують на те, що відповідних умовам порівняння елементів у векторі Vect не було. Також в Vect табл. 1 відсутні рівні між собою елементи. Розглянемо коротко кроки формування моделі рис.1. Перший вузол (корінь БГМ) представляє $Vect(1)=60$. Наступний елемент $Vect(2)=10$ передається до лівої (L) гілки моделі. Елемент $Vect(3)=50$ менше $Vect(1)=60$, але більше $Vect(2)=10$, то ж передається до правої (H) гілки вузла $Vect(2)$ і далі. На основі структур та даних АБГМ (Vect) рис. 1 просто визначити позиції Pos кожного елементу початкового вектору після упорядкування («сортування») по зростанню значень.

Номери (позиція елементу при сортуванні) в упорядкованому векторі визначаються при виконанні окремої процедури обходу дерева АБГМ, тут методом «спочатку в глибину». При цьому номери вузлів із значеннями $Vect(k)$ розраховуються та передаються послідовно до рядку $Pos(i)$, коли процес обходу «виходить або повертається» з лівої гілки моделі АБГМ. Разом з передачею номеру елементу вузла до рядку Pos табл.1 виконується нарощування індексу позиції у векторі Pos, $i \leftarrow i+1$. Наприклад, першим вузлом, до якого повертається процес пошуку з гілки L при обході дерева БГМ, буде вузол з величиною ($Vect(k)=1$), якому відповідає індекс $N=6$. Наступним буде вузол з ($Vect(k)=2$), з індексом $N=10$, далі вузол з ($Vect(k)=5$), з індексом $N=3$ і далі відповідно процедурі пошуку «в глибину». Результат такого обходу моделі АБГМ наведено в табл.1.

Важливою особливістю структури такого алгоритму упорядкування являється можливість формування порядку (сортування) без додаткового «простору», наприклад без додаткової пам'яті, прямо на своєму попередньому місті. Змістовно формування порядку відбувається за один прохід таким чином, див. табл. 1 рядок Val. А саме, з позиції 6 на перше місце, на звільнену позицію 6 з позиції 9, на позицію 9 з позиції 7, на позицію 7 з позиції 3 і далі. Запропонована модель відображення набору даних як дерева

БГМ забезпечує ефективне упорядкування, а також дає можливість виконувати аналіз та перетворення даних, проводити класифікацію. Раціональність моделей БГМ для досліджуваних завдань упорядкування «з вагою» визначається тим, що додаткову структуру БГМ можна вважати невитратною відповідно тих переваг ефективності, яка при цьому забезпечується. Більшість класичних алгоритмів упорядкування, сортування, не передбачають створення моделей даних, які обробляються. Разом з тим існують підходи до ефективної реалізації завдань сортування, в яких вибудовуються додаткові структури процесів упорядкування. Прикладом таких алгоритмів являється пірамідальний алгоритм (ПА) [3, 11]. Порівняльний аналіз ефективності процесів упорядкування на основі ПА та моделі АБГМ дав підстави віддати перевагу моделі АБГМ. Можливості АБГМ не вичерпуються завданнями сортування, і представлені у наступних розділах статті.

Розглянемо можливості застосування моделі АБГМ для інших завдань аналізу послідовності даних, а саме для *real time* класифікації. Для цього сформуємо процедури перетворення моделей конкретних даних, сформованих на основі наведеного вище алгоритму. Сутність процедур перетворення становлять формальні операції узагальнення вузлів графових моделей. При цих операціях два послідовно розташованих в АБГП вузли замінюються одним, який еквівалентно до попередньої структури відображає взаємні відношення між елементами даних. Відзначається два види операцій узагальнення вузлів, в залежності від того в лівій (L, f_L) чи в правій (H, f_H) гілках вузла вищого рівня знаходиться підвузол, з яким виконується поєднання зв'язків. Для наочності представлення змісту операцій на рис. 2 відображені групи вузлів фрагменту моделі АБГМ для даних близьких до табл. 1. Відмінність цих даних у тому, що певні значення повторюються. Наприклад, величина «10» повторюється двічі, 10(2), а величина «90» тричі 90(3) тощо. Крім того, додатково до табл. 1 на рис.2 уведено нові вузли з величинами «80» та «70». Лініями окреслені множини вузлів моделі, які узагальнюються при виконання операції (L, f_L) для вузлів із значеннями «10(2)» та «5(4)», а також для операції (H, f_H) при узагальненні вузлів із величинами «10(2)» та «50(2)». При узагальненні вузлів із значеннями «10(2)» та «5(4)» до уваги будуть також прийматися вузли моделі з величинами «7», «3», «8(2)», значення яких знаходяться в діапазоні [5 – 10]. Так само при узагальненні вузлів із величинами «10(2)» та

«50(2)» до уваги будуть прийматися вузли з величинами «20», «40(2)», що потрапили в діапазон [10–50].

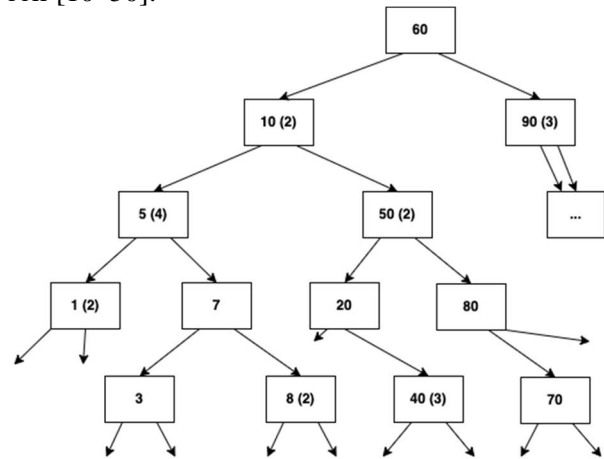


Рис. 2 Схеми бінарної графової моделі (БГМ) з дублюванням значень елементів

Структура результатів виконання операторів узагальнення, призначених для проведення класифікації даних табл. 2 з різними інтервалами однорідності (діапазонами рівнозначності даних, тобто узагальнення даних у встановленому інтервалі), приведена на рис. 4 (а, $\Delta=3$) і рис. 4 (б, $\Delta=4$). Тут параметр « Δ » визначає діапазон рівнозначності (величини «приблизно однакові»). Для узагальнення оператором f_L вузлів « u_1 » та « u_2 » необхідно знайти середнє значення для вузлів « u_1 », « u_2 », « u_4 » та « u_{12} », отримано $w_1=6.5$; таким же чином при узагальненні оператором f_L вузлів « u_3 » та « u_9 » отримано $w_2=10.5$, для вузлів « u_7 », « u_9 » отримано $w_3=19$. Подібним чином (рис. 4 (б, $\Delta=4$)) шляхом узагальнення величин відповідних вузлів отримано $z_1=7.83$, $z_2=18$.

Результати виконання операторів лівого f_L та правого f_H узагальнення вузлів моделі в процедурах класифікації приведено на рис. 3 та рис. 4. При цьому в якості початкових даних використовувався вектор U_N табл. 2. Рис. 3 представляє модель АБГМ для табл.2, в якій відзначено повторні значення елементів u_5 u_{11} , крім того показано і відзначено області моделі даних, вузли в яких узагальнюються оператором f_L для вузлів « u_1 » та « u_2 », а також оператором f_L для вузлів « u_3 » та « u_9 ».

То ж процедури узагальнення вузлів АБГМ дозволяють формувати класифікаційні представлення наборів даних, що використовуються для формування. При цьому всім елементам початкових векторів, що належать одному узагальненому вузлу, приписується один і той же клас щодо упорядкування. Тобто вони мають однаковий номер класу упорядкування і можуть розміщуватися в довільному порядку між собою.

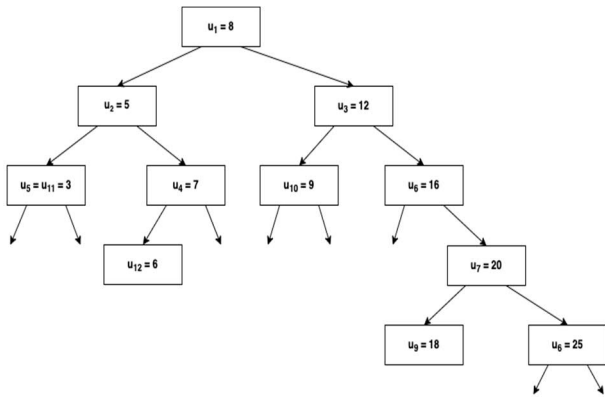


Рис.3. Схема бінарної графової моделі упорядкування елементів вектору (табл. 2)

Таблиця 2

Результати процедури упорядкування та класифікації вектору за моделлю АБГМ

U_N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vect	8	5	12	7	3	16	20	25	18	9	3	6
Pos	5	2	7	4	1	8	10	11	9	6	1	7
Val	3	3	5	6	7	8	9	12	16	18	20	25

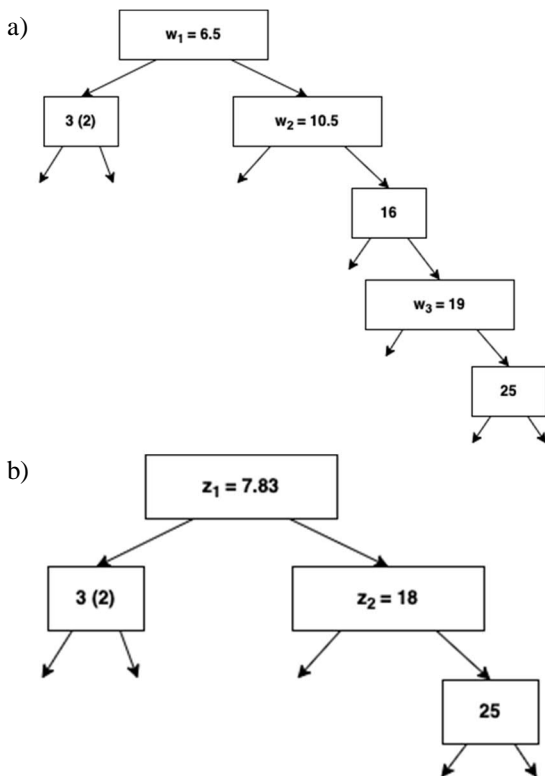


Рис. 4. Схеми бінарних графових моделей класифікації послідовностей елементів за умовою Δ

Номери класів узагальнених моделей рис. 3, рис. 4 розраховуються таким же чином, як для рис. 1, рис. 2, на основі алгоритму пошуку по дереву методом «в глибину». Тоді для моделі АБГМ рис. 4(а, $\Delta=3$) елементи « u_5 », « u_{11} » мають порядковий номер класу «1», елементи « u_1 »,

« u_2 », « u_4 », « u_{12} » відносяться до класу упорядкування «2», елементи « u_3 », « u_{10} » відносяться до класу «3», елемент « u_6 » - до класу «4», елементи « u_7 », « u_9 » відносяться до класу «5», а елемент вектору « u_8 » до класу упорядкування «6». Відповідним чином визначаються класи упорядкування для моделі рис. 4 (б, $\Delta=4$). А саме, елементи « u_5 », « u_{11} » мають порядковий номер класу «1», елементи « u_1 », « u_2 », « u_4 », « u_3 », « u_{10} », « u_{12} » відносяться до класу упорядкування «2», елементи « u_6 », « u_7 », « u_9 » відносяться до класу «3», елемент « u_8 » - до класу «4». Приклад рис. 4 показує очевидну залежність результатів класифікації від умов отримання даних та можливостей щодо їх розрізнення. Для нас суттєво, що модель АБГМ забезпечила реалізацію завдання інтервального упорядкування (із областю рівнозначності Δ).

Для виконання завдань *real time* класифікації послідовностей та планування процесів необхідно крім операцій узагальнення (f_L та f_H), мати групу операцій видалення вузлів. Визначимо операцію видалення лівого out_L , та правого підвузлів out_H . При їх виконанні із моделі АБГМ видаляють ліва або права гілки, замість яких встановлюються показники гілок для наступних вузлів – $L(nil)$ або $H(nil)$. Рекурентна структура бінарної графової моделі для інших вузлів при цьому не змінюється. Прикладом виконання операції видалення являється $out_H(Z_2)$, рис. 4-б, де для правої гілки вузла Z_1 встановлюється $H(nil)$.

Сформулюємо у стислому вигляді процедуру класифікації даних на основі моделі АБГМ та наведених операцій перетворення, тобто узагальнення вузлів. Наголосимо що уведення нами операцій узагальнення f_L та f_H викликане саме наступною реалізацією процедури класифікації, коли нові дані надходять поступово, а значення центрів класів попередньо не відомі. При таких процесах поступового визначення центрів класів величини елементів даних, що утворюють нову ліву (L, f_L) чи праву (H, f_H) гілки вузла, можуть суттєво змінювати структуру моделі АБГМ, у порівнянні з початковими даними. Такі можливі перетворення структури і параметрів моделей АБГМ демонструє рис. 4. На ньому для прикладу відображені класи даних, що утворені при різних умовах упорядкування та класифікації відомих послідовностей елементів. Алгоритми класифікації відрізняються між собою умовами включення елементів до певного класу (тут параметр Δ). Спочатку процедури класифікації як і для АБГМ, модель має один вузол ($T=$

Vect(1)) і «порожні» показники наступних вузлів – L(nil), H(nil). Черговий елемент, який надходить для аналізу, перевіряється у існуючих уже вузлах за правилами формування АБГМ. При цьому значення Vect(k) перевіряються на умову належності до множини даних, які зв'язані з контрольним вузлом моделі класифікації. У разі виконання умови належності, елемент Vect(k) приєднується до списку елементів цього вузла, а також перераховуються параметри вузла, визначається його новий «центр». Далі на основі параметру Δ виконується перевірка умови узагальнення вузлів операторами (L, f_L) чи (H, f_H). У разі виконання умов узагальнення визначаються вузли, які поєднуються між собою, утворюючи новий клас. На підставі аналізу елемента Vect(k) може також виконуватися перетворення моделі АБГМ шляхом включення нового вузла. Після цього перетворення керування алгоритму передається до модулю отримання і аналізу наступного елемента. В результаті процедури класифікації утворюються АБГМ подібні до рис.4. Розподіл елементів вихідних даних по вузлах зберігається у характеристиках опису вузлів.

Отримані результати рис. 4 можуть мати також іншу змістовну інтерпретацію – в термінах утворення нечітких класів. Для цього достатньо даним кожного утвореного класу упорядкування (вузлу) призначити відповідну нечітку модель, наприклад, замінити деяким нечітким числом, встановивши певну функцію приналежності. Тоді в моделях рис. 4 вузли будуть мати нечітке визначення, яке буде давати можливість кожному новому значенню, що надходить до аналізу на основі АБГМ, визначити ступінь приналежності до певних вузлів. Наприклад, вузол моделі рис. 4 – b ($z_1=7.83$) узагальнює величини 6 елементів, значення (5, 6, 7, 8, 9, 12). Цю сукупність величин можна представити у формі однієї наступної дискретної нечіткої величини (НВ), де μ_k – величини ступеня належності до нечіткої величини НВ(8'').

μ_k	1/6	5/8	9/10	1	9/10	1/6
Val	5	6	7	8	9	12

За рахунок таких величин можливо вирішувати завдання нечіткої класифікації, інтерпретації даних, то ж проводити діагностування та реалізувати функції нечіткого управління [2, 8].

Відзначимо ще одну особливість моделей АБГМ важливу для розглянутих у статті завдань упорядкування мульти-послідовностей. Представлення початкових даних аналізу у наведених структурах (рис. 1 – рис. 4) дозволяє єдиним

чином сформувати АБГМ, які розташовані у різних вхідних джерелах. За рахунок визначення необхідних операторів порівняння для вузлів (що дозволяє виконувати ранжування даних та утворювати гілки АБГМ) можливо розділяти дані до різних вихідних упорядкованих послідовностей. За рахунок таких процедур моделювання реалізуються завдання оптимального упорядкування УМПСО виду [9].

$$(S \rightarrow Q): \{S_p \rightarrow Q_q\}; p, q = 1, 2, \dots, d \quad (1)$$

де: p – число вхідних *in-set*, q – число вихідних *out-seq* потоків завдань упорядкування МП (p, q), а d – граничне значення. Послідовності S_p і Q_q містять неподільні складові, елементи, $e_i(p)$, $e_j(q)$ (замовлення, операції ін.). Ці елементи відрізняють за номерами i_p (вхідні неупорядковані) та i_q (вихідні упорядковані), що також мають відомі або визначені на основі моделей БГМ індекси призначення відповідних замовлень *pos-ind* n_q для i_q . Між елементами *out-seq* потоків $e_k(q)$ та $e_m(q)$ необхідно виконувати умову порядку за індексами *pos-ind* n_q : $n_r(q) \leq n_m(q)$, if $r < m$ при ($r < m$), де через r и m позначені номери елементів *out-seq* Q_q .

Відзначимо особливості завдань УМПСО для «доставки замовлень товарів за адресою» (ДЗА) у порівнянні з РФ залізничних составів. Змістовно відмінності виникають через необхідність додаткового визначення «індексів призначення» замовлень *pos-ind*, номеру позиції розташування замовлення. В цих завданнях визначення номеру потребує попереднього аналізу всього масиву даних. Визначення «індексів призначення» урахує встановлені в певному завданні процеси виконання певних логістичних процедур доставки. Наприклад, урахує існування маршрутів руху, на які необхідно призначити відповідні замовлення. В цих завданнях також можливе утворення кількох вихідних послідовностей *out-seq* (q) > 1. Також, на відміну від завдань РФ составів, в завданнях масової «доставки замовлень товарів за адресою» можливі варіанти доставки декількома маршрутами, або визначення нового оптимального маршруту. Такі особливості завдань визначення «індексів призначення» замовлень *pos-ind* залежать від загального числа замовлень товарів та структури масиву даних. То ж для цього класу завдань упорядкування замовлень при оптимальному плануванні перевезень

застосування алгоритмів АБГМ має ще більше значення. Таким же чином, як і урахування складності («ваги») можливих операцій формування упорядкованих послідовностей замовлень. При тому в завданнях ДЗА також відрізняються від РФ множини операторів і зон формування, які забезпечують реалізацію упорядкування замовлень, а також раціональну (без додаткових операцій) обробку при вивантаженні (доставках). В завданнях ДЗА раціональною формальною структурою, яка забезпечує технологічно необхідну послідовність розташування замовлень, являється «стек» [3, 11]. Наприклад, процеси завантаження-вивантаження товарів у автотранспорт при доставках масових замовлень за маршрутом.

Зупинимся на інтерпретації моделі рис. 4 з точки зору реалізації завдань ДЗА. На рисунку 4 представлені дві класифікації послідовності *real time* масової доставки товарів. Можна вважати що утворені класи (вузли моделей рис. 4-а і рис. 4-б) мають не лише наведені у прикладі, а й додаткові елементи замовлень, а також реалізуються одним транспортним засобом. То ж для процесів транспортування рис. 4-а необхідно мати 6, а для 4-б лише 4 такі одиниці. Структура моделі АБГМ дозволяє для кожного вузла провести упорядкування вузлів (сортування), при забезпеченні необхідного визначеного технологією порядку слідування замовлень для кожного окремого засобу. Після «відправлення» замовлень вузла за маршрутом, він вилучається із моделі і процес управління завданнями ДЗА продовжується.

Висновки

Завдання з оптимального планування багатьох інформаційних і транспортно-логістичних та інших процесів використовують моделі, основані на утворенні *real time* упорядкованих структур масових замовлень. В статті представлено результати досліджень моделей і алгоритмів формування упорядкованих мульти-послідовностей, або утворення класифікаційних структур наборів даних. Областю застосування пропозованих засобів являються *real time* процеси, при виконанні яких використовуються гетерогенні оператори формування, що мають різну складність, «вагу». В результаті досліджень нами створені спеціалізовані формальні графові моделі, призначені для структурування наборів вхідних даних. На основі цих моделей і алгоритмів їх аналізу забезпечується ефективна реалізація технологічних і логістичних процесів шляхом удосконалення процедур оптимального

упорядкування (також і сортування) та класифікації послідовностей замовлень. Сформовані спеціалізовані графові моделі (бінарні дерева) для вхідних множин елементів, а також алгоритми їх оброблення, забезпечують підвищення ефективності процесу упорядкування, а також дозволяють вирішувати завдання класифікації даних різних типів. Встановлена висока обчислювальна ефективність зазначених алгоритмів формування та інтерпретації даних, а також їх придатність для *real time* упорядкування та класифікації даних мульти-послідовностей замовлень.

В статті приведені приклади формування графових моделей векторів даних, їх застосування для завдань ефективного сортування, класифікації при інтервальної невизначеності. Також показані можливості утворення структур нечіткого упорядкування числових даних. Приведено змістовні приклади та відзначено особливості завдань упорядкування мульти-послідовностей замовлень, як завдань розформування-формування залізничних составів, а також «масової доставки замовлень товарів за адресою». Практична значимість результатів досліджень визначається удосконаленням процедур *real time* оптимального планування транспортно-логістичних та інших процесів, основаних на утворенні упорядкованих та структурованих представленнях масових замовлень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бобровський В. І. та ін. Імітаційне моделювання процесу розформування багатогрупних составів на двосторонній гірці малої потужності // Транспортні системи та технології перевезень. – 2018. – № 15. – С. 19-26.
2. Скалозуб В. В. Конструктивні багаточарові моделі для впорядкування послідовностей з урахуванням складності операцій формування / Скалозуб В. В., Ільман В. М., Білий Б. Б. // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2020. – № 4 (88). – С. 61-76: <https://doi.org/10.15802/stp2020/213232>
3. Knuth, Donald (1998). «Section 6.2.3: Balanced Trees». The Art of Computer Programming (PDF). Vol. 32 ed.). Addison-Wesley. pp. 458–481. ISBN 978-0201896855.
4. Adelson-Velsky, Georgy; Landis, Evgenii (1962). «An algorithm for the organization of information». Proceedings of the USSR Academy of Sciences (in Russian). 146: 263–266. English translation by Myron J. Ricci in Soviet Mathematics - Doklady, 3:1259–1263, 1962.
5. Culberson, J.; Munro, J. I. (1 January 1989). "Explaining the Behaviour of Binary Search Trees Under Prolonged Updates: A Model and Simulations". The

Computer Journal. 32 (1): 68–69.
doi:10.1093/comjnl/32.1.68

6. Shynkarenko V. Development of a toolkit for analyzing software debugging processes using the constructive approach / V. Shynkarenko, O. Zhevaho // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – v. 5/2 (107). – p. 29-38. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.215090 <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/215090/215301>

7. Skalozub, V. Ontological support formation for constructive-synthesizing modeling of information systems development processes [Text] / V. Skalozub, V. Illman, V. Shynkarenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. Vol. 5/54 (95) p. 55 – 63. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143968>

8. Yadavalli V. A supply chain management model to optimise the sorting capability of a “third party logistics” distribution centre/ Yadavalli V., Balcou C. // South African Journal of Business Management – 2017. – Vol. 48. – p. 77-84. DOI: 10.4102/sajbm.v48i1.22.

9. Скалозуб В. В., Горячкін В. М., Терлецький І. О. Інтелектуальні процедури упорядкування послідовностей замовлень неоднорідними операторами формування // Транспортні системи та технології перевезень. - Дніпро: Вид-во УДУНТ ННІ ДІІТ, № 22 (2021). DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247885>

10. Shang Zhigang. Feature Selection Based on Grouped Sorting/ Zhigang Shang, Mengmeng Li// 9th International Symposium on Computational Intelligence

and Design (ISCID). – 2016. - p. 451-454. DOI: 10.1109/ISCID.2016.1111.

11. Кормен Томас Х. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание / Лейзерсон Чарльз И., Ривест Рональд Л., Штайн Клиффорд Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2010. – 1296 с.: ил. – Парал. тит. англ. – ISBN 978-5-8459-0857-5.

12. Butko T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Text]/ V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-европейский журнал. - 2017. - № 1/3 (58). - P. 55-61.

13. McCue, C. Data Mining and Predictive Analysis. Intelligence Gathering and Crime Analysis [Текст] : 2nd Edition. / Colleen McCue – Butterworth-Heinemann, 2015. – 422

14. Mohammad Bawangaonwala, Dhirajkumar Wadhwa, Umesh V. Nandeshwar A review on development of intelligent transport system to compare with Nagpur transport system // IJCSMC, Vol. 7, Issue. 4, april 2018, pg.12 – 21.

15. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. – М.: Горячая линия - Телеком, 2010. - 520 с.

Надійшла до редколегії 23.06.2022.

Прийнята до друку 26.06.2022.

V. SKALOZUB, V. HORIACHKIN, M. SKALOZUB, I. TERLETSKII

INVESTIGATION OF THE ALGORITHMS FOR THE TRANSPORT AND LOGISTICS PROCESSES OPTIMAL FORMATION BY HETEROGENEOUS OPERATORS IN REAL TIME

The article presents the investigation results of the models and the algorithms for the formation of a wide range of transport and logistics real time processes, which create sorted structures of the mass orders. Operators of the different complexity, «weight» are used in this process. Different issues related to the creation of the formal models of the input data sets are resolved. They provide an effective implementation of the technological and the logistic processes. The purpose of the models is to improve the procedures for optimal ordering and classification of the sequences of analyzing elements and orders. We have proposed new specialized models (graph models, binary trees) for the input (primary) sets of the elements, as well as algorithms for their processing, which ensure an efficiency increase of the ordering process components. In addition, graph models and algorithms allow solving classification tasks for the data of various types, and they are also suitable for organizing multi-sequential orders. The high computational efficiency of the proposed new algorithms for arranging and classifying data has been established using comparative analysis. The article provides meaningful examples and notes the peculiarities of the tasks used for real time ordering and classification of the multi-sequential orders. Namely, this is the task of disassembling and forming railway trains and the task of «mass order delivery to address». Examples of real time creation and transformation of the data flows binary graph models are provided to demonstrate the models and the algorithms. The formed models have been also applied to the tasks of effective sorting and classification with interval uncertainty of the data. We have investigated the possibilities of fuzzy arrangement structure creation and classification of numerical data received online.

Keywords: information systems, real time transport and logistics processes, multi-sequential orders, optimal arrangement and classification, models and algorithms of data structure formation, disassembly-formation, mass delivery of goods to addresses.

УДК 656.2.087<364>

О. І. ПАВЛЕНКО^{1*}, І. П. ПАВЛЕНКО^{2*}

^{1*} Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта helena.zakora@gmail.com, ORCID 0000-0002-6509-9406

^{2*} ДВНЗ «Дніпровський коледж залізничного транспорту та транспортної інфраструктури», проспект Пушкіна 77А, 49000, Дніпро, Україна, тел. +380673991651, pavlenkodkzt@gmail.com

РОЛЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ЕВАКУАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ В ПЕРІОД ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

В надскладний час агресії з боку російської федерації, першим та найважливішим завданням для залізничного транспорту України – є забезпечення логістики перевезення гуманітарної та військової допомоги, а також внутрішнє переміщення (евакуація) населення. На транспорт держави лягає збільшений в 2-5 разів вантажопотік та пасажиропотік. В такій ситуації необхідно контролювати кількість пасажирів на вокзалах, надавати їм допомогу та консультації. Волонтерський рух – є одним із важливих умов функціонування держави в воєнний час. Волонтери на вокзалах забезпечують розподіл потоків пасажирів за окремими напрямками та надають консультації щодо розкладу відправлення поїздів. Гуманітарна допомога зараз надходить у великій кількості, її необхідно в найкоротші строки доставляти до пунктів, де вона вкрай необхідна, в міста, де ведуться активні бойові дії та міста, де сконцентровані пасажиропотоки внутрішньо переміщених осіб. Логістика переміщення пасажирів повинна бути чітко сформована, оскільки в тяжкому емоційному та фізичному стані люди дуже важко розуміють хід дій та вимоги до перевезення пасажирів. Проаналізувавши сформовані пасажиропотоки в перші дні евакуації було визначено головні напрямки переміщення громадян. В ході аналізу було виявлено, що кількість пасажирів в евакуаційних поїздах, які прямують на захід країни можуть викликати перенаселення міст, які приймають їх та викликати колапс з перевезенням міським транспортом, поселенням та забезпеченням харчуванням. Саме ці головні питання постали перед урядом та логістичною системою переміщення людей та товарів через всю країну. Рішенням гостро посталої проблеми стала можливість спрощення перевезень пасажирів та організація міжнародних поїздів з країнами-союзниками, де є можливість перевезення без зміни рухомого складу через різні ширини колій. Розробка таких маршрутів дала змогу спростити логістику переміщення населення та зменшити навантаження на прикордонну службу України. Для зменшення натовпів після перетину кордонів України було розроблено, разом з державами – сусідами та узгоджений між собою графік руху поїздів з найближчих залізничних станцій сусідніх держав, що полегшує переміщення переселенців в межах маршрутів слідування пасажирів. Другою проблемою являється перенаселеність поїздів та складність їх екіпіровки до рейсів, а також налагодження системи забезпечення їх питною водою на маршрутах слідування. Завдяки достатній технічній оснащеності, злагодженій роботі працівників залізничного транспорту, та їх високій виконавчій дисципліні цей ланцюг реалізовано успішно.

Ключові слова: волонтерство, евакуація, евакуаційні поїзди, залізничний транспорт.

Постановка проблеми

На сьогодні вкрай тяжка ситуація склалася в Україні. Все населення потерпає від окупантів. Гостро постає питання евакуації мирного населення з місць активних бойових дій. Так перш за все, є проблемою вивезення в великій кількості людей. Звертаючи увагу на всі види транспорту можна визначити, що найкращий варіант – це залізниця. Завдяки розгалуженій сітці залізничних шляхів можна виконати маневри в побудові маршрутів та в разі потреби оперативно змінити маршрут слідування поїздів.

Залізничний транспорт – транспорт, який є одним з найбезпечнішим видом транспорту в Україні. Наразі залізнична мережа налічує 19.8

тис. км., з яких понад 47% електрифіковано, дякуючи цьому перевезення товарів та пасажирів стає більш дешевшим, ані ж при дизельній тязі.

В період впровадженого воєнного стану в Україні, залізничний транспорт – це один із видів транспорту, який використовується на 100%, тобто за цей короткий час Укрзалізниця зовсім не має порожніх пробігів, оскільки пасажирські поїзди використовують не тільки для евакуації людей, а і для перевезення гуманітарної допомоги в міста, що її потребують.

На сьогодні в Україні є ряд міст, яким необхідна евакуація в першу чергу, але і ряд міст, в яких ситуація контрольована. Насамперед, досить багато людей евакуюються самостійно переміщаючись в сусідні області, що спричиняє

потребу в гуманітарній допомозі. Тож раціонально розробляти хаби для гуманітарної допомоги більш в мирних містах, а додатковими поїздами направляти її вже в місця, поблизу яких ведуться бойові дії. Проблема постачання такої допомоги для людей з «гарячих точках» постає в тому, що логістика доставки вантажів повинна бути гнучкою та виконуватися і корегуватися в реальному часі. В ситуації, що склалась стабільні поставки можуть бути тільки в постачаннях на території, де немає військових дій.

Гуманітарна допомога – це широкий спектр номенклатури товарів, що перевозиться різними видами транспорту. Умовно їх можна поділити на 6 типів, а саме продукти харчування, засоби гігієни, одяг, матраци, побутова техніка та інше.

В ході подій є вкрай важлива складова – це забезпечення лікарень, пологових будинків, госпіталів та населення України медикаментами.

Медичні ресурси можна також умовно поділити на 6 типів: ліки, крапельниці, пластирі, устаткування, турнікети та інше.

Так при формуванні логістичних ланцюгів доставки гуманітарної допомоги та медичних ресурсів треба визначити ряд важливих чинників, одними з яких є схоронність вантажів та швидкість доставки.

Звертаючи увагу, що більшість допомоги надходить з-за кордону треба враховувати, що більшу кількість перевезти за один раз можливо тільки залізничним транспортом, але пришвидшення перевезень можливе – автомобільним.

Мета дослідження

Проаналізувати побудову логістичного ланцюга евакуації та доставки гуманітарної допомоги під час військових дій в Україні залізничним транспортом.

Методика

В процесі дослідження було використано методи аналізу відкритих джерел інформації для вивчення та подальшого порівняння і узагальнення.

Наукова новизна

Авторами було опрацьовано та проаналізовано побудову логістичного ланцюга для подальшого використання в систематизації та порівняння показників в своїх наукових роботах.

Аналіз літератури

Пошуку напрямків організаційного удосконалення пасажирських перевезень на залізничному транспорті присвятили своїм

дослідженням багато вчених, такі як В. Л. Дикань, В. О. Зубенко, О. Г. Кірдіна, І. Л. Назаренко, Ю. М. Уткіна, Є. М. Сич, В. П. Ільчук, О. Г. Дейнека та ін.

В мирний час ці науковці займались розробкою та покращенням функціонування залізниці в життєвому циклі держави. Ряд вчених проводили дослідження в сфері покращення комфорту пасажирських перевезень.

Поглиблене вивчення зародження та проблеми розвитку волонтерського руху в незалежній Україні почали ряд вчених, а саме: О. Резнік, В. Степаненко, І. Бекешкіна, Н. Костенко, А. Ручка, Л. Бевзенко, О. Стегній, С. Дембіцький, М. Наумова, Н. Бойко, Т. Любива, Горелов Д. М., Мандебура-Нога О. С та інші[1-3].

В кожній країні Європи є ряд законів, що регламентують роботу волонтерів. Наприклад, закон Чехії дозволяє акредитувати неурядові організації, а також навчати волонтерів та направляти їх на допомогу в разі потреби; закон Угорщини регламентує роботу волонтерських організацій та взаємодію їх з державними органами; закон Італії надає певний захист та права всім волонтерським організаціям, при цьому визначає відмінність між волонтерською працею та соціально-трудовими відносинами.

Український волонтерський рух зародився ще в 2012 році, до початку воєнних дій на Заході України. Такі організації існували, але не користувались великим попитом. Початком реальної волонтерської роботи в Україні стало проведення Чемпіонату Європи з футболу ЄВРО-2012, коли при необхідній кількості волонтерів в 5,5 тис подало заявку в 5 разів більше людей[4].

Тільки після подій 2014 року на майдані Незалежності починається активна фаза розвитку волонтерського руху в Україні. Спочатку об'єднувалися волонтери в неформальних групах, але в ході подій виникають ряд фондів та організацій, які допомагають і по сей день людям в тяжкий час, а саме «Крила Феніксу», «Народний тил», «Добровоз» та «Повернись живим».

В 2015 р. організація «Повернись живим» стала Міжнародним благодійним фондом «Повернись живим».

Всі вище згадані організації були націлені на допомогу різним груп населення, але робили одну загальну справу.

Завданням волонтерів України стала і допомога українській армії. Задля об'єднання всіх волонтерів в єдине ціле було введено реєстр на сайті 4army.com.ua.

Ще однією організацією в сфері благодійництва в Україні є товариство Червоного Хреста, яке визначило себе як «всеукраїнською добровільною громадською гуманітарною організацією».

Крім істориків, тему волонтерства вивчають спеціалісти з державного управління, соціологи, політологи. Так В.Л. Голуб зазначив, що державне визнання волонтерської діяльності є важливим елементом системи взаємовідносин держави та суспільства, що слугує символом наявності цих стосунків, а також обумовлює перспективи їх розвитку [4].

В порівнянні з часом зародженням волонтерства в 2012 р., зараз цей рух має декілька рівнів: макрорівень, мезорівень та мікрорівень [5].

Так наразі зараз ми маємо вже визначені напрями роботи, а саме:

- військовий (допомога українській армії);
- діяльність так званої «картографічної сотні» - створення волонтерами сучасних мап для ЗСУ;
- високотехнологічний (розробка нового ПЗ для потреб ЗСУ для виконання військових задач);
- медичний та реабілітаційний;
- ремонтне волонтерство;
- переселенський напрямок;
- збір та привезення гуманітарної допомоги цивільному населенню;
- вивезення цивільного населення із фронтової та прифронтової зони;
- залучення волонтерів до виконання державних функцій (робота з документообігом);
- збір коштів для благодійної допомоги.

На сьогоднішній день в період російського нападу на Україну волонтерський рух є неймовірно великий. Гуманітарна допомога в Україну надходить майже з 30 країн світу, а також надсилається самими українцями, що мешкають за кордоном. Але не тільки вантажі перевозяться всіма видами транспорту, а особливо залізничним, а і людей, що біжать від війни в західну частину України, а в подальшому і закордон.

Для забезпечення логістики використовуються залізницю. Так, аналізуючи курсування поїздів можна визначити, що великі потоки людей перевантажували евакуаційну логістику. На початку воєнних дій було призначено перший поїзд з Харкова на захід України. Вже після того було заплановано евакуацію мирного населення з різних місць переважно в Львівську, Закарпатську та Чернівецьку області.

Використовуючи ряд методів дослідження пасажиропотоків, а саме табличний, обліковий

та візуальний, було визначено орієнтовний пасажиропотік на основних станціях міст, де велись запеклі бої [6]. На основі поєднання вивчених пасажиропотоків приміського залізничного транспорту та інших видів перевезень було визначено орієнтовну кількість пасажирів, що могли б виїхати з міста. Так в перші дні початку війни було надано для евакуації понад 20 пасажирських поїздів.

В ході перших днів було виконано дослідження пасажиропотоків методами обліку перевезених пасажирів за основними напрямками. Перш за все, орієнтиром були розрахунки на основі отриманих даних від провідників вагонів поїздів, що забезпечували перевезення пасажирів.

В ході пасажирських перевезень було визначено ряд опорних станцій, де все переважно пасажиропотік розсіювався з різних причин (пересадка на інший вид транспорту, залишення в безпечних місцях на території України, пересадка на приміські поїзди), а саме: ст. Львів, ст. Ужгород, ст. Івано-Франківськ, маршрути, яких представлені на рис. 1-4.

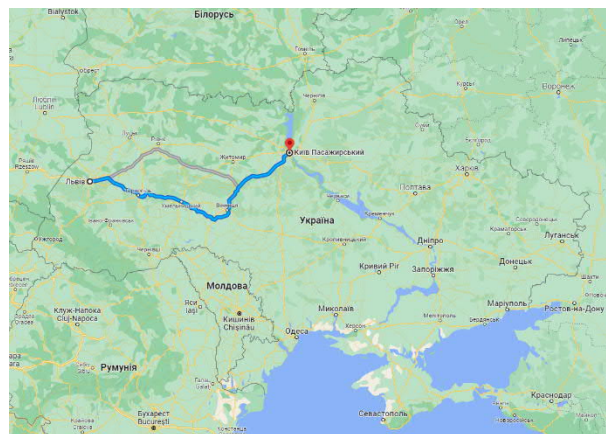


Рис. 1. Схеми маршруту слідування поїздів сполученням Київ-Пасажи́рський – Львів

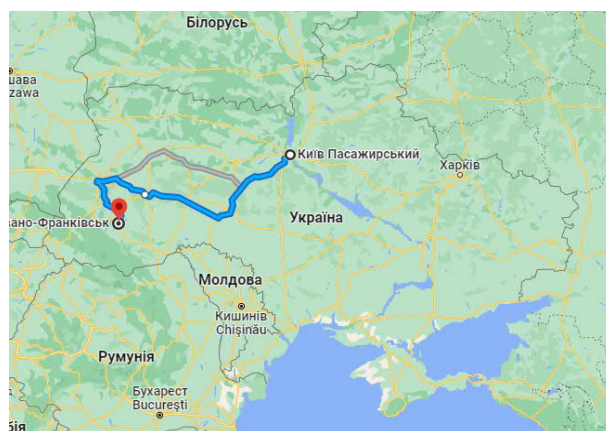


Рис. 2. Схеми маршруту слідування поїздів сполученням Київ-Пасажи́рський – Івано-Франкі́вськ

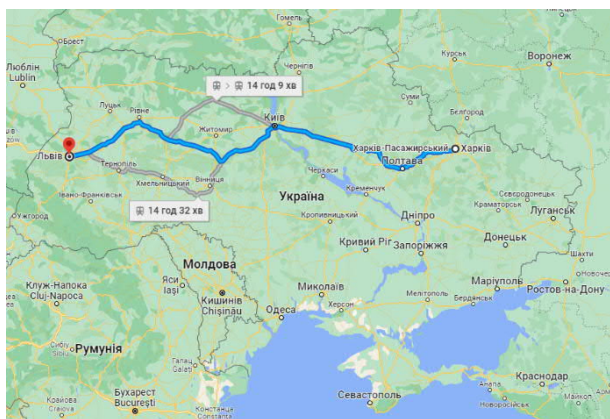


Рис. 3. Схеми маршруту слідування поїздів сполученням Харків – Львів

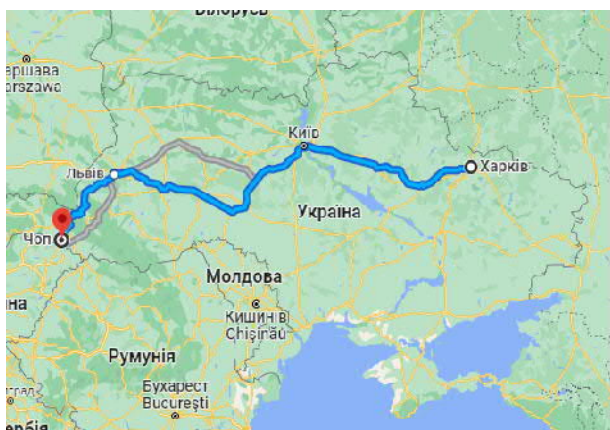


Рис. 4. Схеми маршруту слідування поїздів сполученням Харків – Чоп

Другою проблемою постало керування пасажиропотоками на станціях призначення. Направляючи весь пасажиропотік зі східної частини України є гостра необхідність розподілення пасажирів та керування ними на вокзалах [9, 10].

Досліджуючи питання кількості пасажирів, що переміщуються в таких поїздах, зазначити можливо лише приблизну кількість. Можна зазначити, що евакуація людей відбувалась певними хвилями. В пік хвили в звичайному м'якому вагоні (купе) перевозили понад 100 осіб. Приблизна кількість вагонів в такому поїзді близько нараховувала 15-16 вагонів. Тож методом перерахунку кількості пасажирів було визначено, що за одну їзду можливо евакуювати понад 1500 – 2000 осіб, при цьому треба зауважити, що приблизна кількість людей була зазначена для м'якого вагона, де звичайна кількість перевезених пасажирів становить 36 осіб. Якщо ж розглядати плацкартний вагон – то кількість пасажирів сягала більш ніж 150 осіб в одному вагоні, при звичайній кількості 52 пасажирів. [7, 8].

В зв'язку з тим, що постійне прибуття людей на вокзали великих міст може призвести до

колапсу, владою було вирішено встановити графік руху поїздів до кордонів і за кордони України, зокрема до Польщі та Румунії, тож пасажиропотік евакуйованих людей спрямовувався за декількома напрямками. Таким чином, було розроблено та узгоджено основні станції, на які були перенаправлені частину пасажирів – закордонні ст. Перемишль, ст. Хелм, ст. Хрубешув.

Приміські маршрути Львів – Чоп, Львів – Івано-Франківськ та Львів – Ужгород, використовувалися для подальшого перетину кордону України пішки [5].

Оскільки на території Польщі є відрізок колії шириною 1520 мм було впроваджено поїзди, що сполучають міста України та найближчі польські залізничні станції рис 5.

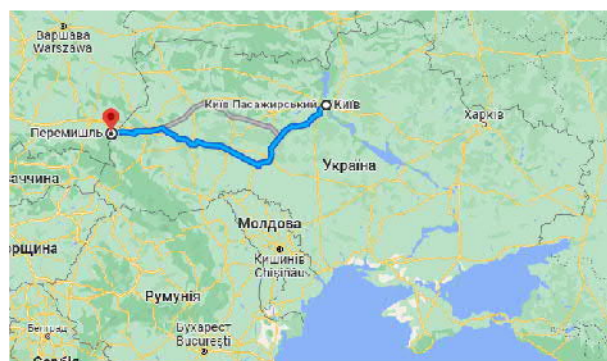


Рис. 5. Схеми маршруту слідування поїздів сполученням Київ Пасажирський – Перемишль

Влада сусідніх держав всіляко допомагає українцям та призначає курсування поїздів від кордонів з Україною та до основних хабів для переселенців. Так Угорщина розробила графік руху поїздів від ст. Чоп до ст. Захонь, поїзди угорського формування курсували в кількості 9 пар поїздів на добу.

Польща від початку перебування біженців запровадила велику кількість поїздів зі ст. Перемишль до міст Краків, Берлін та Прага, таким чином було досягнуто рівномірності розподілена пасажиропотоку, а також напущення скупченості людей на ст. Перемишль та в містах, що розташовані поблизу кордонів Польщі з Україною.

Висновки

На 50-й день війни було зафіксовано понад 3 мільйони перевезених пасажирів. Це люди, що прямували не тільки на західну Україну, а в своїй більшості за кордон. На цей час вже логістику було вибудовано та налагоджені процеси спрямування пасажиропотоків в містах України.

Залізничники вчасно виконали та продовжують забезпечувати евакуацію мирного

населення з місць ведення активних бойових дій, таких як Краматорськ, Харків, міст Донецької та Луганської областей. Тож не просто так вокзали та працівників залізниць України охрестили «Залізними Вокзалами» та «Залізними Героями», саме вони забезпечили перевезення понад 3000 осіб за один рейс та понад 2 мільйонів пасажирів за 50 днів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Соціологічні виміри громадянського суспільства в Україні / за наук. ред. О. Резніка. Київ: Інститут соціології НАН України, 2019. 288 с.
2. Волонтерський рух: світовий досвід та українські громадянські практики : аналіт. доп. – Київ: НІСД, 2015. – 36 с
3. Трансформація політичних інститутів України: проблеми теорії і практики / Авт. колектив: М. І. Михальченко (керівник) та ін. – К. : ІПІЕНД ім. І. Ф. Кураса НАН України, 2016. – 440 с.
4. Голуб В.Л. Державне визнання волонтерської діяльності як чинник розвитку взаємовідносин держави та суспільства/ В.Л. Голуб// Теорія та практика державного управління. – 2014.- Вип. 4 (47). – с. 110-118
5. Соціологічні виміри громадянського суспільства в Україні / за наук. ред. О. Резніка. Київ: Інститут соціології НАН України, 2019. 288 с.

6. Наказ Міністерства інфраструктури України "Про затвердження Порядку організації перевезень пасажирів та багажу автомобільним транспортом" від 15.07.2013 № 480.

7. «Правила перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України» затверджені Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 27.12.2006 р. № 1196 із змінами внесеними наказами Міністерства інфраструктури. – К.: Інпрес, 2013. – 168 с

8. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Порядок обслуговування громадян залізничним транспортом» від 19.03.1997 №252. // Офіційний вісник України. – 1997. - №12. – Т. 1. – С. 167.

9. Прохорченко А. В., Паламарчук В. В. Удосконалення системи орієнтування пасажирів на залізничних вокзалах України в умовах упровадження швидкісного руху пасажирських поїздів. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2017. Вип. 169. с. 213-224.

10. Прохорченко А. В. Аналіз організації роботи залізничних вокзалів в умовах здійснення трансферних пасажирських перевезень / А. В. Прохорченко, О. О. Журба, Я. С. Кобаренко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - 2016. - Вип. 165. - С. 34-43.

Надійшла до редколегії 22.06.2022.

Прийнята до друку 24.06.2022.

O. PAVLENKO, I. PAVLENKO

THE ROLE OF RAILWAY TRANSPORT IN THE EVACUATION OF THE POPULATION DURING HOSTILITIES IN UKRAINE

In the extremely difficult time of aggression by the Russian Federation, the first and most important task for Ukraine's railway transport is to provide logistics for the transportation of humanitarian and military aid, as well as internal movement (evacuation) of the population. The state transport is covered by 2-5 times increased van traffic and passenger traffic. In such a situation it is necessary to control the number of passengers at the stations, to provide them with assistance and advice. The volunteer movement is one of the important conditions for the functioning of the state in wartime. Volunteers at the stations ensure the distribution of passenger flows in individual directions and provide advice on the schedule of trains. Humanitarian aid is now arriving in large quantities and needs to be delivered as soon as possible to places where it is most needed, to cities where active hostilities are taking place and to cities where the flow of internally displaced persons is concentrated. The logic of the movement of passengers must be clearly formed, because in a difficult emotional and physical state, people have a hard time understanding the course of action and the requirements for the carriage of passengers. After analyzing the formed passenger flows in the first days of evacuation, the main directions of movement of citizens were determined. The analysis revealed that the number of passengers in evacuation trains heading west to the country could cause overcrowding in the receiving cities and cause a collapse in urban transport, settlements and food supply. These are the main issues facing the government and the logistics system for moving people and goods across the country. The solution to the acute problem was the possibility of simplifying passenger transportation and the organization of international trains with allied countries, where there is the possibility of transportation without changing the rolling stock through different track widths. The development of such routes has made it possible to simplify the logistics of population movement and reduce the burden on the border service of Ukraine. To reduce the crowds after crossing the borders of Ukraine, a schedule of trains from the nearest railway stations of neighboring countries was developed together with the neighboring states, which facilitates the movement of migrants within the routes of passengers. The second problem is the overcrowding of trains and the complexity of their equipment for flights, as well as the establishment of a system to provide them with drinking water on the routes. Due to sufficient technical equipment, coordinated work of railway transport workers, and their high executive discipline, this chain has been successfully implemented.

Keywords: volunteering, evacuation, evacuation trains, railway transport

УДК 656.073:004.9

Є. Б. ДЕМЧЕНКО^{1*}, А. С. ДОРОШ^{2*}, І. Я. СКОВРОН^{3*}

^{1*}Каф. «Транспортні вузли», ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (097) 799 16 75, ел. пошта: e.b.dmch@gmail.com, ORCID 0000-0003-1411-6744

^{2*}Каф. «Транспортні вузли», ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 927 84 62, ел. пошта: dorosh.andrii@gmail.com, ORCID 0000-0002-5393-0004

^{3*}Каф. «Транспортні вузли», ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (095) 230 50 34, ел. пошта: enorvoks@gmail.com, ORCID 0000-0003-0697-2698

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ НА РИНКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ

Мета. В теперішній час ефективність ланцюгів постачання значно залежить від якості інформаційного супроводу перевізного процесу. Сучасні інформаційні технології на транспорті повинні забезпечувати можливість швидкого розміщення та пошуку замовлень на перевезення, відбору пропозицій перевізників за параметрами рухомого складу, ціною, історією здійснених перевезень, дозволяти проводити обмін електронними даними між учасниками перевізного процесу, вирішувати задачі обліку, аналізу та оптимізації транспортного процесу. В цьому зв'язку в роботі виконано дослідження функціоналу та досвіду використання інформаційних технологій з метою підвищення ефективності залізничних і автомобільних вантажних перевезень України. **Методика.** Під час виконання дослідження використані методи аналізу та синтезу для вивчення основних функціональних можливостей та досвіду застосування інформаційних систем при організації вантажних перевезень залізничним та автомобільним транспортом України. **Результати.** Транспортна система України характеризується значними обсягами перевезень вантажів залізничним та автомобільним транспортом. При цьому на вітчизняному ринку існує ряд прикладних інформаційних систем та програмних продуктів, що мають широкий функціонал та позитивну практику використання для вирішення задач організації перевезень та оптимізації транспортного процесу. **Наукова новизна.** Отримані результати аналізу функціоналу та практики використання сучасних інформаційних технологій для забезпечення перевезень вантажів дозволяють виконати наукове та економічне обґрунтування вибору та застосування програмних продуктів і систем з метою організації та підвищення ефективності транспортного процесу. **Практична значимість.** Представлені результати досліджень можуть бути застосовані при вирішенні задач організації та оптимізації процесу перевезень вантажів залізничним та автомобільним транспортом України.

Ключові слова: вантажні перевезення, інформаційна система, транспортна біржа, електронні дані.

Вступ

В сучасних умовах ефективно працюючий транспортний комплекс є основою сталого функціонування держави та забезпечення потреб національної оборони і економіки. Україна має розвинену транспортну систему, якою в 2021 р. перевезено понад 621 млн. т. вантажів [1]; при цьому 87 % цих перевезень припадає на залізничний та автомобільний транспорт (рис. 1).

Одним з пріоритетів розвитку транспортної галузі, визначених Національною транспортною стратегією [2], є запровадження і використання у перевізному процесі сучасних інформаційних технологій та електронного документообігу. В той же час за даними [3] в 2021 р. всього 17,6 % працівників підприємств України у сфері транспорту, складського господарства, поштової та

кур'єрської діяльності мали доступ до мережі інтернет, з яких 21,7 % зі швидкістю доступу до 30 Мбіт/с. Також лише 21,4 % вказаних підприємств має власний сайт, з яких тільки 6,3 % дозволяє виконати онлайн замовлення та 5,7 % відстежити статус його виконання. Така статистика опосередковано може свідчити про достатньо низький рівень застосування в Україні сучасних інформаційних технологій супроводу та електронного обміну даними при здійсненні вантажних перевезень.

Мета дослідження

Останні тенденції цифровізації економічної діяльності та нові розробки в сфері штучного інтелекту, блокчейну, інтернету речей, автоматизації та хмарних технологій набувають все біль-

шого значення для транспорту в частині оптимізації існуючих процесів, створення нових можливостей для бізнесу, трансформування ланцюгів постачань та географії торгівлі. В цьому зв'язку в роботі виконано дослідження функціоналу та практики використання сучасних інформаційних систем (ІС) з метою підвищення ефективності залізничних та автомобільних вантажних перевезень України.

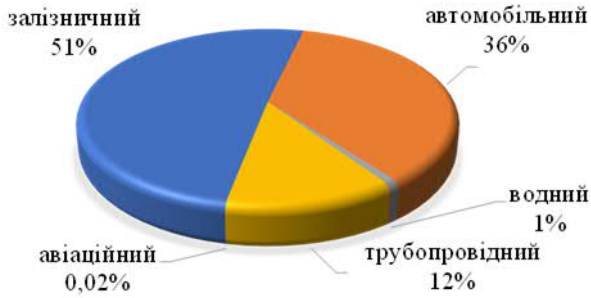


Рис. 1. Розподіл перевезень за видами транспорту

Інформаційні системи в сфері залізничних перевезень вантажів

В теперішній час для організації перевізного процесу та вантажної роботи на залізницях України (УЗ) використовується Єдина автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (**АСК ВП УЗ-Є**). Вказана система поєднує інформаційні бази 6 регіональних філій-залізниць та забезпечує: контроль та аналіз поїзного положення; прогноз поїздоутворення, змінно-добове планування; управління роботою в умовах надання вікон; технічне нормування перевезень; контроль наявності, стану та роботи вагонних парків; облік та організацію роботи локомотивів і локомотивних бригад; ор-

ганізацію перевезень у міждержавному сполученні; аналіз економічних показників перевізного процесу [4].

Інформація для ведення вагонної, контейнерної та поїзної моделей АСК ВП УЗ-Є надходить з автоматизованих робочих місць (АРМ) комерційного агента, товарного касира, оператора станційного технологічного центру та чергового по станції та ін. Система дозволяє сформувати ряд звітів (довідок), що необхідні для оперативного управління перевізним процесом та планування роботи залізниці. В той же час більшість вказаних довідок доступні через АРМ лише працівникам залізниці, що ускладнює та оперативний інформаційний обмін з вантажовласниками та експедиторами. В теперішній час документообіг та обмін даними між вантажовласниками та залізницею здійснюється в електронному вигляді за допомогою ряду ІС залізниці та комерційних програмних продуктів.

Організація вантажних перевезень по залізниці потребує обов'язкового попереднього планування, для здійснення якого використовується **АС МЕСПЛАН** [5]. Вказана система дозволяє автоматизувати формування відправниками замовлень, узгодження їх на рівні залізниці Укрзалізниці, доведення результатів узгодження до вантажовласника та слідкування за виконанням місячних планів перевезення вантажів. Для роботи з АС МЕСПЛАН відправники повинні укласти з залізницею відповідний договір. Після цього відправнику на його робочому місці через *web*-інтерфейс (рис. 2) надається доступ для введення замовлень та декадних заявок, відстеження процесу узгодження замовлення та виконання плану навантаження за своїм замовленням.

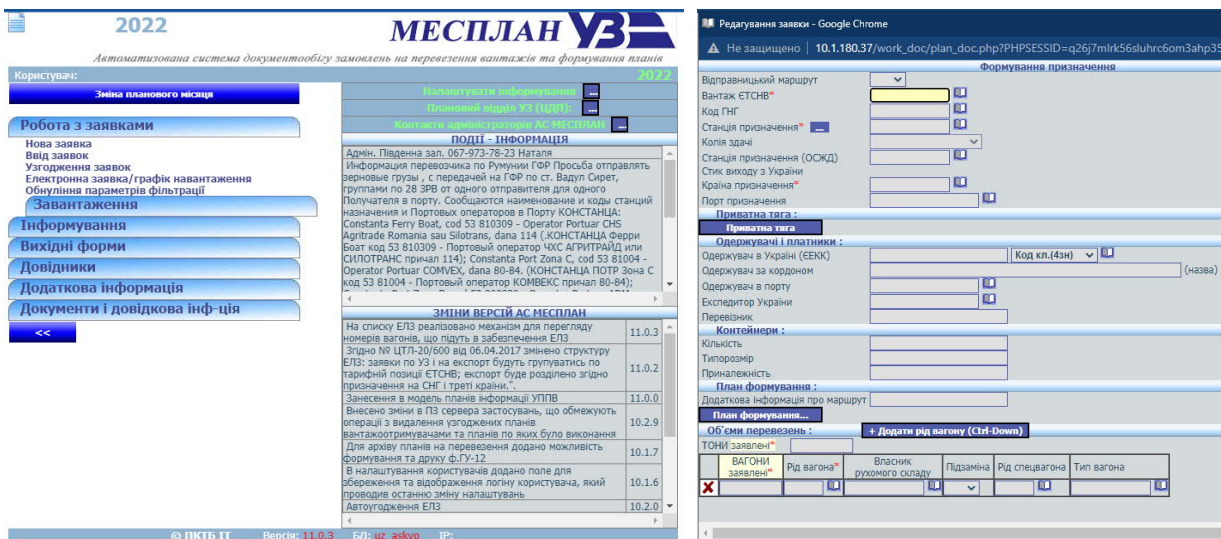


Рис. 2. Інтерфейс користувача АС МЕСПЛАН

Інтерфейс АС МЕСПЛАН забезпечує перегляд списку заявок (ввід, узгодження) місяця планування; формування заявок і роботу з чернетками; формування облікових карток; здійснення первинного контролю за правдивістю внесених даних; формування узгодження заявок на рівні УЗ.

Укладання договорів про надання послуг з організації перевезення вантажів залізничним транспортом та оформлення перевізних і супровідних документів здійснюється за допомогою АС Клієнт УЗ (рис. 3), яка також доступна вантажовласникам та експедиторам в режимі онлайн через мережу інтернет.

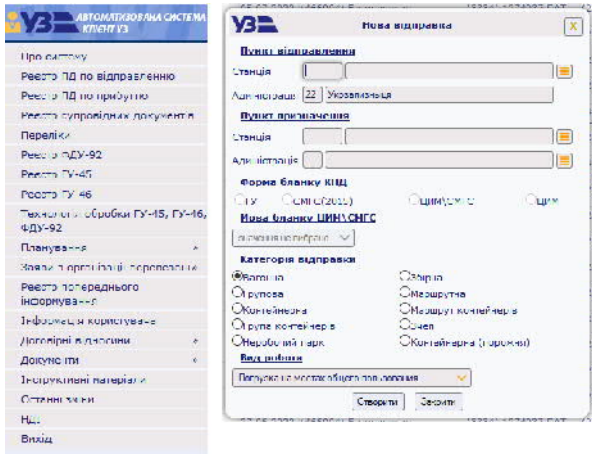


Рис. 3. Інтерфейс користувача АС Клієнт УЗ

АС Клієнт УЗ дозволяє виконувати наступні операції [6]:

- формування заявки про прийняття в цілому пропозиції (акцепт) укладання договору на перевезення;
- формування електронних даних перевізних документів;
- підготовка паперових перевізних документів на основі електронних даних;

- формування електронних перевізних документів (накладання електронно-цифрового підпису на електронні дані);

- передача електронних даних чи електронних перевізних документів в АСК ВП УЗ-Є;

- отримання електронних даних паперових перевізних документів або електронних перевізних документів на всіх стадіях їх обробки в АСК ВП УЗ-Є;

- завантаження супровідних документів, передбачених правилами перевезень, в систему та додавання їх до електронних перевізних документів;

- робота з нормативно-довідковою інформацією.

Об'єднання функцій планування перевезень та оформлення перевізних документів досягнуто в платній сторонній системі АРМ Вантажовідправника [7], що має більш зручний інтерфейс (рис. 4), дозволяє реалізувати додатковий функціонал та за допомогою вбудованого архіву електронних документів дає можливість працювати з даними в offline режимі.

Проте слід зазначити, що АРМ Вантажовідправника тільки частково дозволяє вирішити проблему інформаційного обміну між автоматизованими системами підприємства і залізниці: передати дані з АС Клієнт УЗ в базу даних підприємства можливо тільки вручну через XML-файли.

Реалізувати повноцінний інформаційний обмін між системами дозволяє спеціальний продукт Сервер модуля узгодження (СМУ) [3], що складається з двох компонентів – серверної частини (функції комунікації з АС Клієнт УЗ) та клієнтської частини (функції роботи з документами).

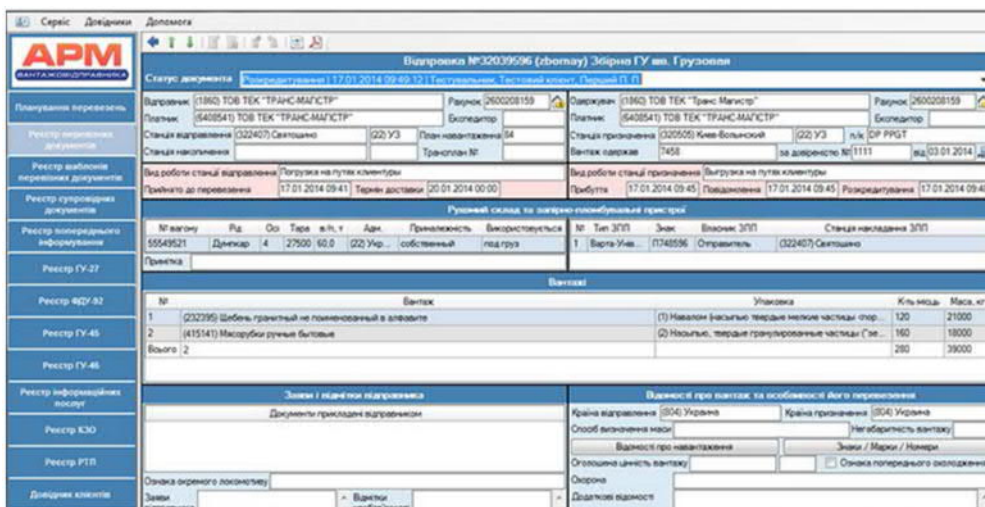


Рис. 4. Інтерфейс користувача АРМ Вантажовідправника

При цьому взаємодія прикладних застосунків підприємства з СМУ здійснюється за допомогою обміну *xml*-повідомленнями по протоколу *TCP*, що дозволяє програмним шляхом звертатися до баз даних УЗ з наявної на підприємстві ІС, побудованої на базі *BAS*, *1С*, *SAP* та ін.

На практиці це означає, що за запитом через СМУ з АС Клієнт УЗ автоматично отримується залізнична накладна, на основі якої отримувач в діючій на його підприємстві ІС формує необхідні документи (прибуткові накладні, акти та ін.). І навпаки, на основі даних з власної ІС відправник генерує залізничну накладну та передає її в АСК ВП УЗ-Є. Це суттєво підвищує швидкість та ефективність інформаційного обміну і дозволяє уникнути помилок, які виникають при ручному введенні даних.

Вказана технологія інформаційного обміну успішно реалізована в комплексному рішенні *Art: Залізнична логістика* [8] на базі системи *BAS ERP* (рис. 5).

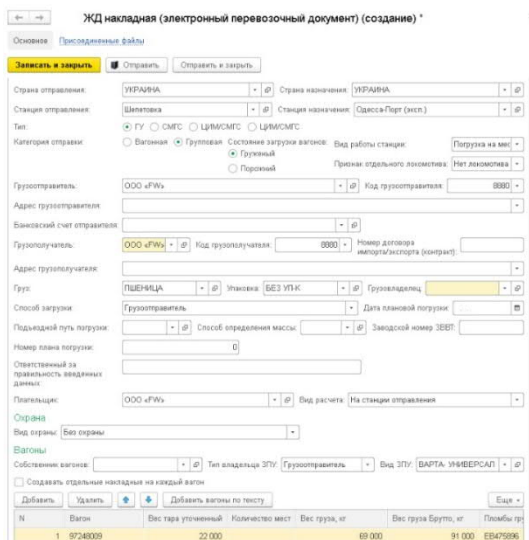


Рис. 5. Формування залізничної накладної в корпоративній ІС

Компанією [8] також розроблено ряд десктопних програмних продуктів для організації ефективного обміну даними в сфері залізничних вантажних перевезень, так і у перевантажувальному залізнично-водному сполученні. Також даним розробником пропонується лінійка спеціалізованих мобільних додатків, які дозволяють організувати захищений обмін даними між оперативним персоналом поза офісом та ІС УЗ і підприємства.

Одним з таких рішень є додаток для смартфонів *Art:RWL* (рис. 6), який складається з трьох модулів:

1) Документи УЗ – забезпечує оперативний інформаційний обмін з базою вантажних перевезень УЗ. В даному модулі відображається оперативне сальдо та передбачається три блоки для роботи з різними типами документів: залізничні накладні, станційні документи (пам'ятки ГУ-45, відомості ГУ-46, накопичувальні карти ФДУ-92) та інші документи (добові переліки).

2) Дислокація – відображає в режимі онлайн на *Google*-карті інформацію про поточне місцезнаходження, рух та обіг вагонів. При цьому слід зауважити, що компанія [8] не надає дані про дислокацію вагонів. Всі відомості завантажуються в мобільний додаток від наявних провайдерів цієї інформації.

3) Зв'язки ЗПП – дозволяє автоматично генерувати та вносити в залізничні накладні номери пломб запірно-пломбувальних пристроїв (ЗПП). Співробітник вносить у додаток номер першої пломби у зв'язці та кількість номерів, які потрібно згенерувати. Система самостійно створює всі наступні номери пломб, а працівник співвідносить їх з номерами вагонів. Після цього вказані дані передаються в центральну базу АСУ підприємства.



Рис. 6. Інтерфейс користувача додатку *Art:RWL*

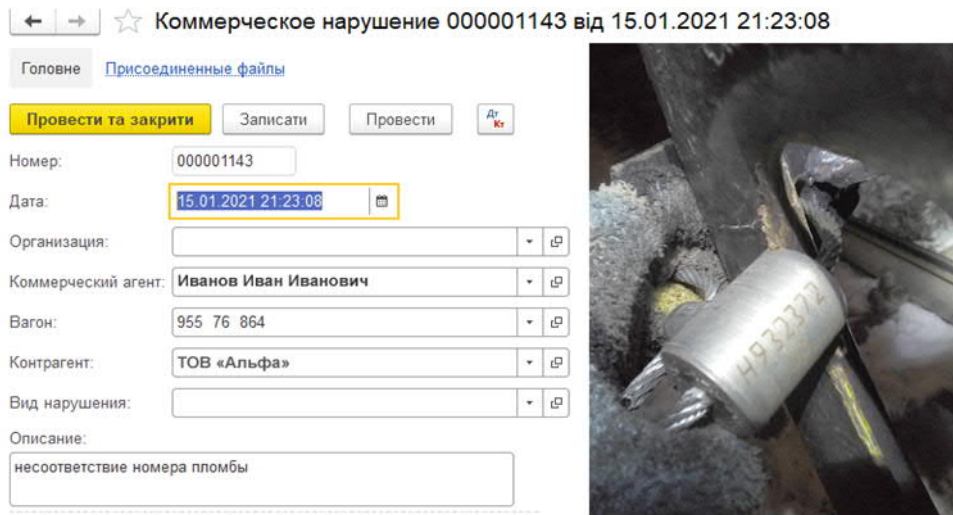


Рис. 7. Результаты осмотра вагонов, полученные через додаток Арт: Комерційний агент станції

Іншим прикладом спеціалізованого мобільного додатку є застосунок *Арт: Комерційний агент станції*, який призначено для підвищення ефективності інформаційного обміну при здійсненні приймально-здавальних операцій з вагонами і вантажами. При цьому під час огляду вагону працівнику через додаток доступна інформація про номер накладної та найменування вантажу, список ЗПП, станцію відправлення, вантажоодержувача та ін. Якщо комерційні несправності не виявлені агент фіксує в додатку приймання вагону і час подачі. В протилежному випадку, в додаток заноситься опис виявлених порушень з можливістю фотофіксації пошкоджень вагона. Вказана інформація одразу передається до корпоративної ІС (рис. 7).

Одним з основних завдань при плануванні та організації залізничного перевезення є визначення нормативного строку доставки та розрахунок провізних платежів, що, в свою чергу, залежать від тарифної відстані перевезення. Для

вирішення вказаних завдань на практиці широко застосовується графічна інформаційна система транспортної мережі залізниць *ТМкарта* [9], яка дозволяє відобразити маршрут прямування вантажних поїздів та виконати детальний розрахунок тарифу як для УЗ, так і по залізницям країн СНД і Балтії з урахуванням різних видів валют (див. рис. 8). Крім того, ТМкарта дозволяє отримувати з сервера УЗ інформацію про дислокацію вагонів.

Крім цього, функції програми ТМкарта можливо інтегрувати в корпоративні ІС за допомогою модулю зв'язку *ТМCalc*, що дозволить оперативно оновлювати інформацію про маршрути, тарифні відстані та тарифні ставки, які застосовуються у типових транспортно-технологічних схемах перевезень підприємства.

Порівняльний аналіз функціональних можливостей комерційних інформаційних систем на ринку вантажних залізничних перевезень України виконано в табл. 1.

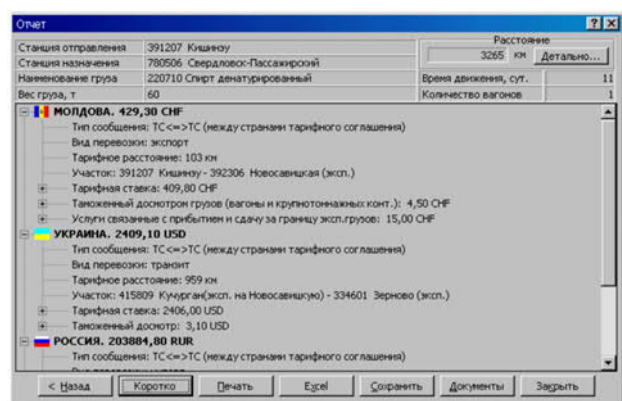
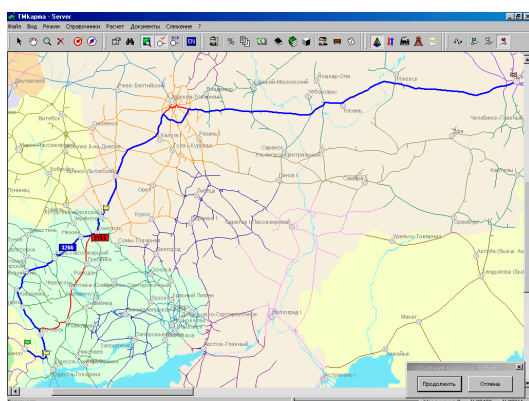


Рис. 8. Интерфейс користувача системи ТМкарта

Порівняння інформаційних систем в сфері залізничної логістики

Функціональність	Інформаційна система				
	АРМ Вантажовідп- равника	Арт: Залізнична ло- гістика	Art: RWL	Арт: Комерційний агент	ТМкарта
Взаємодія з АС МЕСПЛАН – планування перевезень	●	●			
Взаємодія з АС Клієнт УЗ – формування та обробка типових електронних документів та форм згідно правил перевезень	●	●	●		
Взаємодія та інтеграція в корпоративну ІС		●		●	●
Відображення дислокації вагонів		●	●		●
Завантаження технічних характеристик вагонів з бази УЗ	●	●			
Розрахунок вартості перевезення	●	●			●
Реєстр конвенційних заборон та обмежень на перевезення	●	●			●
Облік ЗПП		●	●	●	
Мобільний додаток			●	●	
Робота в режимі <i>offline</i>	●				
Вартість	10 000* грн	72000* грн	3000 грн/міс	10000 грн	4900 грн/рік

Примітка: *без врахування вартості модулів СМУ 31 000 грн/рік та *ТМCalc* 18800 грн/рік

Інформаційні системи в сфері автомобільних перевезень вантажів

Одним із векторів впровадження сучасних інформаційних технологій на ринку вантажних автомобільних перевезень є розвиток транспортних онлайн бірж. В загальному випадку транспортна біржа являє собою транспортно-інформаційний онлайн-агрегатор актуальних пропозицій на перевезення вантажу та вільних транспортних засобів. Користувачами таких бірж можуть бути як безпосередні перевізники (транспортні підприємства), вантажовласники (виробники і торгові компанії), так і експедитори, юридичні чи фізичні особи.

Наразі в Україні відомі кілька десятків транспортних бірж з відкритим або обмеженим доступом. Найбільш популярними українськими онлайн біржами є *Lardi-Trans.com*, *Della.ua*, *Degrug.com*, *Lading.eu*, а серед зарубіжних ресурсів особливої популярності набули такі як *Trans.eu*, *Timocom.ru*, *Transinfo.by*, *Cargo.lt*. Більшість з цих онлайн бірж орієнтовані як на внутрішній, так і на міжнародний ринок вантажних перевезень, при цьому не лише автомобільних.

За даними опитування [10] платформа *Lardi-trans.com* є лідером серед українських транспортних онлайн бірж і популярна серед українських, білоруських, російських та прибалтійських вантажовідправників і перевізників. Ця платфо-

рма працює з 1999 року, а щодня на сайті компанії розміщують більше 50 тис. актуальних заявок. При цьому не менше 50% з них орієнтовані на перевезення в Україні, а друга половина – на міжнародні перевезення, зокрема в країни Європи, Центральної Азії та СНД.

На платформі *Lardi-trans* розміщені актуальні заявки на перевезення вантажів, пропозиції з транспорту, а також формується рейтинг надійності компаній [11]. Формування рейтингу відбувається на основі відгуків про співробітництво (позитивних і негативних), результатів перевірки статутних документів, дати реєстрації та історії змін компанії на сайті. Однією з переваг даної платформи є наявність форуму з актуальними темами в сфері перевезень, а окремої уваги заслуговує «*black list*» замовників і перевізників, що постійно оновлюється. Крім того, для зареєстрованих користувачів платформи доступні вбудовані інструменти *GPS*-моніторингу *SmartGPS* [12] та сервіс пошуку вільного вантажного транспорту на карті в режимі реального часу *TrucksNearMe* [13].

Додатковими перевагами транспортної біржі *Lardi-trans* є послуги онлайн-страхування вантажу і відповідальності перевізника, а також можливість проведення тендерів. Для доступу користувачів до всіх можливостей онлайн біржі необхідна реєстрація, яка передбачає вибір типу

реєстрації (фізична особа, підприємець або юридична особа) та виду діяльності (перевізник, відправник вантажу, експедиція). Реєстрація та розміщення заявок на сайті безкоштовні, а мінімальна вартість доступу до контактної інформації за заявками в межах України та профілів користувачів становить від 150 грн/місяць.

Другою за популярністю в Україні є транспортна біржа *Della.ua*, яка працює з 1995 року [14]. Слід відмітити, що ця транспортно-інформаційна платформа має не лише українську локалізацію, а і доступна в Казахстані, Узбекистані, Білорусі, Росії та країнах Європи. Функціональність біржі *Della* обмежується лише розміщенням і переглядом актуальних заявок на перевезення вантажу і пропозицій вільного вантажного транспорту. Для перевірки інформації про потенційних клієнтів на сайті є можливість лише пошуку компанії за назвою, податковим номером, номером телефону або адресою електронної пошти; проте можливість залишити відгуки про співпрацю з користувачами біржі відсутня. В той же час на платформі *Della*, на відміну від *Lardi-trans*, доступна можливість відстеження динаміки цінних пропозицій на внутрішні перевезення вантажів та на популярних міжнародних напрямках. Ще однією особливістю цієї платформи є можливість ідентифікації заявок на перевезення від безпосередніх вантажовласників, що недоступно на інших подібних онлайн-біржах. Можливість розміщення заявок доступна лише за умови реєстрації, а доступ до контактної інформації по кожній заявці з'являється лише за умови передплати тарифного плану, вартість якого стартує від 130 грн/місяць.

Ще однією українською транспортною біржою є платформа *Degrug.com* [15], яка заснована у 2006 році і позиціонує себе, як біржа, що працює в основному з прямими власниками вантажу. Вся інформація та сервіси на сайті безкоштовні і доступні для користувачів, крім контактів вантажовласників і перевізників. Доступ до контактів компаній становить від 45 грн/місяць і залежить від обраного періоду оплати і типу користувача.

До недоліків даної біржі можна віднести повну відсутність додаткових послуг, окрім калькулятора собівартості вантажних автоперевезень, статистики вартості перевезень за типом рухомого складу та калькулятора розрахунку відстаней між населеними пунктами. В цілому інтерфейс і функціональні можливості даної біржі доволі застарілі і не користуються попитом серед вантажовласників і перевізників навіть незважаючи на низьку вартість тарифного плану.

В 2019 році в Україні запрацювала транспортна платформа нового покоління *Lading.ua* [16], яка позиціонує себе як сучасний та зручний український сервіс для пошуку вантажів та транспорту і налічує близько 6 тис. користувачів. За словами CEO компанії, Андрія Федоренко, платформа *Lading* – це новітнє SaaS-рішення для управління аутсорсинговим автомобільним транспортом, що економить значні ресурси, задіяні для організації внутрішніх та міжнародних перевезень.

Відмінною особливістю транспортної платформи *Lading* є розміщення і перегляд лише замовлень на перевезення вантажів, а можливість додавання пропозицій вільного транспорту відсутня. Слід відмітити, що вся робота з транспортними заявками повністю автоматизована та діджиталізована [17]. Система самостійно розраховує відстані, об'єм, масу і допомагає визначити вартість кожного перевезення. Усі учасники інформаційної системи *Lading*, як і на платформі *Lardi-trans*, після первинної реєстрації, проходять багаторівневу верифікацію та перебувають під постійним моніторингом інспекційної служби сервісу. Для доступу до контактної інформації по кожній заявці достатньо лише реєстрації на платформі, яка є безкоштовною, а будь-яка передплата за користування сервісом відсутня до кінця 2022 року. Плата стягується лише за розміщення вантажовідправником заявки на сайті, надання їй пріоритету серед інших, прийняття заявки в роботу перевізником та скасування заявки, взятої до роботи. Вартість наведених послуг коливається від 10 до 20 грн. за одну заявку.

Окремо слід відмітити українську онлайн-платформу *Sovtes.ua* [18], яка в більшості випадків орієнтована на проведення тендерів в сфері надання транспортних послуг для таких корпоративних замовників як Метінвест, Інтерпайп, АрселорМіттал Кривий Ріг, Centravis, *Global Spirits*, АТБ, Варус, Агросем та ін. Для даної платформи характерні всі функціональні можливості попередніх онлайн бірж, а сильною стороною є автоматизація всіх логістичних процесів від пункту завантаження до пункту розвантаження, в тому числі за рахунок швидкого і зручного електронного документообігу. Крім того на платформі *Sovtes* користувачу доступні широкі можливості аналізу основних показників роботи, формування звітності за окремими категоріями, відстеження місця знаходження транспортних засобів під час перевезення та ін. Так, наприклад, замовнику та перевізнику доступні всі

необхідні дані про маршрут перевезення, час завантаження і розвантаження, тривалість митного оформлення, перетину державного кордону, непродуктивних простоїв та ін. Проте всі наявні інструменти сервісу *Sovtes* доступні користувачам лише за умови передплати тарифного плану, вартість якого становить від 425 грн/місяць.

Слід відмітити, що доволі часто великі компанії-виробники, ритейлери і дистриб'ютори ма-

ють власні корпоративні ресурси для проведення тендерів в сфері транспортних послуг, або використовують відомі майданчики для електронних торгів такі як *ProZorro*, *SmartTender*, *Salesbook* та ін.

Порівняльний аналіз функціональних можливостей онлайн бірж на ринку вантажних автомобільних перевезень України виконано в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння онлайн-бірж України в сфері автомобільної логістики

Функціональність	Транспортна біржа				
	<i>Lardi-Trans.com</i>	<i>Della.ua</i>	<i>Degruz.com</i>	<i>Lading.ua</i>	<i>Sovtes.ua</i>
Розміщення пропозицій					
- вантажу	○	○	○	●	●
- вільного транспорту	○	○	○		●
Перегляд пропозицій					
- вантажу	○	○	○	○	●
- вільного транспорту	○	○	○		●
Доступ до пропозицій міжнародних перевезень	●	●	●	○	●
Доступ до контактної інформації (пропозицій, користувачів)	●	●	●	○	●
Проведення тендерів	●				●
Електронний документообіг	●				●
Рейтинг компанії	●	●		○	●
Перегляд і додавання відгуків та претензій	●				●
Інтеграція з корпоративними системами через <i>API</i>	●				●
Розрахунок відстаней	○	○	○		●
Мобільний додаток	○				
Додаткові функції	GPS-трекінг Страховання Месенджер Зворотній зв'язок Автомаркет Форум	Статистичні дані вартості перевезень		-	Розширена статистика і звітність Месенджер Зворотній зв'язок
Вартість тарифного плану	150-3500 грн/міс	130-375 грн/міс	45-100 грн/міс	10-20 грн/заявка	425-500 грн/міс

Примітка: ○ – зареєстровані користувачі; ● – зареєстровані користувачі з підпискою на тарифний план

Як показав аналіз транспортні онлайн біржі на ринку автомобільних перевезень – це доступний і зручний інструмент прийняття ефективних логістичних рішень, а також взаємодії всіх учасників перевізного процесу. Кожна з розглянутих онлайн бірж має власний інтерфейс, задекларовану функціональність, географію діяльності, тарифну політику і додаткові діджитал-інструменти організації перевезень. Вибір тієї чи іншої платформи для роботи обумовлюється обсягами і інтенсивністю перевезень, а також задачами, що стоять перед їх користувачами.

Висновки

Як показали дослідження, на ринку вантажних перевезень України наявний ряд сучасних інформаційних систем і програмних продуктів на платній основі, які дозволяють вирішувати основні задачі організації транспортування (планування, підбір транспортного засобу та перевізника, розрахунок параметрів маршрутів та вартості доставки) та обміну електронними даними між його учасниками (накладними, супровідними документами, рахунками та актами). Їх

широке впровадження та застосування транспортними компаніями дозволяє здійснювати пошук потенційних партнерів, в тому числі і міжнародних, виконувати моніторинг поточного стану ринку вантажних перевезень і, тим самим, підвищити ефективність перевізного процесу та якість супутніх послуг.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Обсяги перевезених вантажів за видами транспорту за 2021 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/tr/tr_rik/opvvt_22_ue.xlsx (дата звернення 01.06.2022).

2. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України; Стратегія від 30.05.2018 № 430-р [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/430-2018-%D1%80> (дата звернення: 01.06.2022).

3. Використання інформаційно-комунікаційних технологій на підприємствах [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/zv/ikt/arh_ikt_u.html (дата звернення 01.06.2022).

4. Овчарук І. В. Інформаційні системи на залізничному транспорті: розвиток та перспективи [Текст] / І. В. Овчарук, С. В. Боклаг // Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері. – 2020. – Том 3. – № 2. – С. 170-182.

5. Про затвердження Змін до Правил планування перевезень вантажів : Наказ; Мінтрансв'язку України від 21.06.2007 № 552 [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0787-07> (дата звернення 01.06.2022)

6. АС Клієнт УЗ. Автоматизована система з оформлення та обробки перевізних документів на перевезення вантажів залізничним транспортом України вантажовідправниками через мережу Інтернет [Текст] : керівництво користувача. – К.: 2016, 69 с.

7. Програмне забезпечення та послуги в галузі вантажних перевезень [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://kpd-uz.com/ua/products/arm.php> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

8. Галузеві рішення для автоматизації зернового і

транспортного бізнесу перевезень [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://artport.pro/> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

9. Функціональні можливості системи "ТМкарта" [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://tmkarta.com/uk/about/long.php> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

10. Вантажні автомобільні транспортні біржі в Україні [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://logistics-ukraine.com/2017/09/18/вантажні-автомобільні-транспортні-б/> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

11. Международные грузоперевозки онлайн Lardi-Trans [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://lardi-trans.com/> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

12. Система GPS-моніторингу транспорту і грузів [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://smartgps.com> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

13. TrucksNearMe [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://trucksnearme.com/app/> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

14. DELLA. Вантажні перевезення [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://della.ua> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

15. Degruz. Сайт грузоперевозки Украина [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://degruz.com> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

16. Lading. Транспортна платформа нового покоління [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://lading.ua> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

17. Ефективно, безпечно та автоматизовано! [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: https://trademaster.ua/dir_logistik/313476 (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

18. Sovtes – онлайн логістика, управління вантажоперевезеннями [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://sovt.es.ua/> (дата звернення 01.06.2022) – Назва з екрана.

Надійшла до редколегії 07.06. 2022

Прийнята до друку 12.06.2022

Ye. DEMCHENKO, A. DOROSH, I. SKOVRON

MODERN INFORMATION SYSTEMS ON THE UKRAINIAN FREIGHT TRANSPORTATION MARKET

Purpose. At present, the efficiency of supply chains significantly depends on the quality of information support of the transportation process. Modern information technologies in transport should provide the ability to quickly place

and search for transportation orders, select carriers' offers by rolling stock parameters, price, transportation history, allow the interchange of electronic data between transportation process participants, solve the problems of accounting, analysis and optimization of the transport process. In this regard, a study of the functionality and experience of using information technologies in order to increase the efficiency of rail and road freight transportation in Ukraine was carried out. **Methodology.** Methods of analysis and synthesis were used to study the basic functionality and experience of using information systems in the organization of freight transportation by rail and road transport in Ukraine. **Results.** The transport system of Ukraine is characterized by significant volumes of cargo transportation by rail and road. At the same time, there are a lot of information systems and software products on the domestic market that have wide functionality and good practice of using them to solve the problems of organizing transportation and optimizing the transport process. **Scientific novelty.** The results of the analysis of the functionality and practice of using modern information technologies to provide the freight transportation make it possible to carry out a scientific and economic justification for the choice and application of software products and systems for organizing and improving the efficiency of the transport process. **Practical significance.** The presented research results can be applied in solving the problems of organizing and optimizing the process of freight transportation by rail and road transport in Ukraine.

Keywords: freight traffic, information system, transport exchange, electronic data

УДК 656.151.2

М. І. БЕРЕЗОВИЙ^{1*}, Я. В. БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ^{2*}, Д. М. КОЗАЧЕНКО^{3*},
С. В. БОРИЧЕВА^{4*}

^{1*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 371 51 03, ел. пошта mykola_berezovyi@diit.edu.ua, ORCID 0000-0001-6774-6737

^{2*} Каф. «Рухомий склад залізниць і колія», Львівський інститут Українського державного університету науки і технологій, вул. І. Блажкевич, 12а, м. Львів, Україна, 79052, тел. +38 (050) 678 15 03, ел. пошта jarik762145@gmail.com, ORCID 0000-0002-4787-1781

^{3*} Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, г. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта kozachenko@upr.diit.edu.ua, ORCID 0000-0003-2611-1350

^{4*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (097) 677 37 57, ел. пошта svetikb81@gmail.com, ORCID 0000-0001-6774-6737

ОЦІНКА РИЗИКІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ ЗГІДНО ЄВРОПЕЙСЬКИХ ПІДХОДІВ

Мета. Сортування вагонів на гіркових пристроях є одним з найбільш відповідальних та небезпечних процесів. Ризики, що виникають в процесі розпуску составів можуть призводити до залізнично-транспортних пригод з серйозними наслідками. Однією з операцій процесу сортування вагонів є їх гальмування в процесі скочування, що є складною оперативною задачею з багатьма критеріями, а башмачне гальмування ще й пов'язане зі знаходженням людей в небезпечній зоні. Тому мета дослідження – підвищення безпеки технологічного процесу розпуску вагонів на сортувальній гірці шляхом оцінки ризиків роботи регулювальників швидкості руху вагонів та визначення першочергових заходів з їх мінімізації безумовно є актуальною. **Методи.** У якості методів дослідження обрано процедуру аналізу системи для виявлення потенційних режимів відмов, їх причин та наслідків для функціонування *FMEA* та аналіз видів, наслідків та критичності відмов *FMECA* з засобами ранжування тяжкості режимів відмов. У якості вихідних даних обрано результати анкетування двох професійних груп. **Результати.** Встановлений статистично перелік залізнично-транспортних пригод та нещасних випадків для професії регулювальник швидкості руху вагонів був запропонований для оцінювання серйозності, ймовірності та можливості запобігання у вигляді анкет двом групам фахівців, по 10 осіб у кожній групі. З використанням методу *FMEA* встановлено три складові числа пріоритетності ризику *RPN* для кожного виду небезпеки і розміщено у послідовності зменшення небезпечні випадки, що можуть статися з регулювальниками швидкості руху вагонів. Отримані підсумкові ранги показали узгодженість думок по окремих ознаках всередині групи та їх практичну однаковість для двох професійних груп. Встановлено ризики з найвищою пріоритетністю та ризики з низькими оцінками ймовірності настання та запобігання випадку але з високими оцінками наслідків. **Практична значимість.** Для усіх складових *RPN – S, O, D* узгодженість думок є достатньою і оцінки двох груп фахівців можуть бути використані для подальших досліджень. Встановлено, що запропонований у роботі [4] метод пошуку оптимального розподілу сортувальних колій між регулювальниками дозволяє мінімізувати саме ті ризики, пріоритетність яких є найвищою за результатами виконаних досліджень.

Ключові слова: сортувальна гірка, башмачне гальмування, ризик, ранжування, серйозність відмови, ймовірність, усунення відмови, регулювальник швидкості руху вагонів.

Вступ

Останнім часом на українських залізницях почала набувати все більшої важливості та актуальності задача забезпечення ефективного та безпечного функціонування сортувальних гірок. Це пов'язане зі зростанням додаткового обсягу сортування вагонів за критерієм власника вагону. При цьому оперативно можуть встановлюватися додаткові призначення плану формування поїздів з тривалим часом накопичення составу та, як наслідок, виникає необхідність оперативного разового, але досить частого та

регулярного виділення колій для накопичення вагонів окремих призначень.

Це явище викликане наявністю в Україні значної кількості приватних операторів вантажних вагонів, які укладають угоди з відправниками певного вантажу, що слідує за визначеними маршрутами, і потребує відповідного спрямування як порожніх, так і завантажених вагонопотоків.

Залізниці здатні вирішувати ці проблеми шляхом більш повного використання існуючих потужностей сортувальних гірок на сортувальних, дільничних і вантажних станціях, які з

певних причин були виведені з експлуатації. Сюди слід віднести закриття окремих груп сортувальних колій через незадовільний технічний стан, зменшення кількості маневрових локомотивів та обслуговуючого персоналу сортувальних гірок до критичних мінімальних розмірів, незадовільний технічний стан гальмових уповільнювачів, тощо. Початок робіт у цьому напрямку підтверджується розробкою у 2021 році філією «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» АТ «Українська залізниця» проектів реконструкції сортувальних гірок на станціях Знам'янка та Роздільна-Сортувальна

Під'їзні колії, де здійснюється масове навантаження та розвантаження вагонів, також зіштовхуються з проблемою дефіциту колійної ємності та маневрових локомотивів для виконання додаткового сортування вагонів з причин, наведених вище [1-3], але це вимагає інших шляхів вирішення.

Аналіз технічного оснащення сортувальних гірок на Укрзалізниці показує, що на 87-ми відсотках гірок [4] застосовується башмачне гальмування регулювальниками швидкості руху вагонів (РШРВ). Це не стосується сортувальних гірок на опорних станціях мережі, які в основному оснащені вагонними уповільнювачами на усіх гальмових позиціях за деякими виключеннями. Так, наприклад, на гірці середньої потужності станції Кривий Ріг-Сортувальний башмачне гальмування реалізоване і на гальмових позиціях спускної частини гірки, і на паркових позиціях.

Сортувальні гірки малої потужності на дільничних та вантажних станціях є немеханізованими, або ж оснащені гальмовими уповільнювачами на позиціях спускної частини гірки з прицільним башмачним гальмуванням на паркових позиціях.

Слід зазначити, що професія регулювальника швидкості руху вагонів є однією з найбільш небезпечних і потребує серйозного підходу до оснащення робочого місця РШСВ, визначення штату працівників та організації ку составів шляхом планування розподілу сортувальних колій між працівниками зміни.

Постановка завдання дослідження

Основними порушеннями безпеки експлуатації гіркових пристроїв в процесі розформування-формування составів є:

- сходи вагонів на стрілочних переводах, вагонних уповільнювачах та кривих ділянках колій;
- пошкодження вагонів та вантажів через

перевищення допустимої швидкості співударення вагонів на сортувальних коліях;

- пошкодження вагонів та вантажів через відсутність габариту проходу вагона на стрілочних переводах спускної частини гірки;

- вихід вагонів за межі колій в хвості сортувального парку через неправильно вибраний режим прицільного гальмування відчепа на парковій позиції.

Безпеку функціонування гіркових пристроїв повинні забезпечувати пристрої гіркового комплексу [5].

Порушення безпеки функціонування є, як правило, наслідком небезпечних ситуацій, джерелами яких можуть бути окремі фактори чи їх поєднання:

- відмови гіркових пристроїв та систем управління;

- помилкові дії чергового по гірці (ДСПГ), операторів гальмових позицій, регулювальників швидкості руху вагонів, машиніста гіркового локомотива;

- неякісна технічна експлуатація гіркових пристроїв;

- небезпечні відмови колій та рухомого складу (злами рейок, падіння деталей вагонів на рейки і т.п.);

- природні явища та ін.

Характерними умовами роботи РШРВ є знаходження працівників в небезпечній зоні вільного скочування відчепів та візуальне оцінювання швидкості руху відчепа і динаміки її зміни в процесі гальмування.

Знаходження працівників в небезпечній зоні та потреба перетину колій в процесі розпуску составів вимагає адекватної візуальної оцінки положення відчепів і різко підвищує вимоги до безпеки сортувального процесу.

Правильне візуальне оцінювання швидкості руху відчепа та динаміки її зміни в процесі гальмування регулювальниками швидкості руху вагонів дозволяє реалізувати прицільне гальмування з подальшим співударенням вагонів на коліях з допустимою швидкістю та мінімізацією ризику самовільного виходу вагонів з колій.

Тому, завданням дослідження, результати якого наведені у даній статті, є визначення та оцінка ризиків, що виникають на сортувальних гірках з башмачним гальмуванням вагонів з використанням європейських підходів.

Дослідження, результати яких наведені в статті були виконані наприкінці 2021 року і в теперішній час через воєнну агресію Російської Федерації певною мірою втратили свою актуальність. Автори статті впевнені, що під час

повоєнного відновлення України та інтенсивної роботи залізничного транспорту результати досліджень будуть безумовно затребувані

Мета дослідження

Підвищення безпеки технологічного процесу розпуску вагонів на сортувальній гірці шляхом оцінки ризиків роботи регулювальників швидкості руху вагонів та визначення першочергових заходів з їх мінімізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Задачі забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті визначаються теорією безпеки руху поїздів, концепція якої заснована на поняттях «відповідального виконавця» та «небезпечної відмови» [6]. Зміна критеріїв та методів рішення задач в процесі розвитку теорії безпеки руху призвела до застосування на залізничному транспорті України принципу абсолютної безпеки. Цей принцип викладено в п. 1.1 ПТЕ [7].

Однак традиційний підхід до проблеми безпеки має значну кількість недоліків і не дозволяє її вирішувати раціонально [4]. До них слід віднести неможливість кількісного порівняння поїзної та маневрової роботи, неможливість оцінити безпеку руху для власників рухомого складу та вантажу, неможливість оцінити достатність фактичного рівня безпеки та сертифікувати технічні засоби за показниками безпеки, відсутність функціональних зв'язків між показниками безпеки та фінансовими показниками процесу перевезень, тощо.

Проблема забезпечення безпеки сортувального процесу на сортувальних гірках є комплексною і далеко не новою. Зупинимось на огляді результатів досліджень експлуатації сортувальних гірок з немеханізованими гальмовими позиціями, де саме і здійснюється башмачне гальмування відчепів.

Слід зазначити, що башмачне гальмування конкурує з технологією використання уповільнювачів не тільки в Україні, а й у всьому світі. Механізація процесу гальмування вагонів, що призводить до збільшення капітальних вкладень у пристрої механізації та експлуатаційних витрат на їх утримання, спрямована в першу чергу на забирання людей з небезпечної зони з високим ризиком травмування та летальних випадків. Ще однією причиною механізації сортувальних гірок є пошкодження коліс вагону при башмачному гальмуванні – утворення так званих «ковзунів» на колесах вагонів. Подальша експлуатація вагонів з такими колесами має жорсткі обмеження, а ліквідацію «ковзунів» слід

відносити до сукупних витрат, залежних від башмачного гальмування.

Зупинимось далі на результатах досліджень функціонування сортувальних гірок з башмачним гальмуванням вагонів.

Заслуговує уваги робота [4], де на підставі системного підходу виконано всебічний аналіз досліджень експлуатації немеханізованих сортувальних гірок та наведені результати досліджень, що являються новими, і на які безумовно слід звертати увагу при визначенні та оцінці ризиків, що виникають в процесі розформування составів [8-12].

В роботі [4] обґрунтовано необхідність виконання додаткових досліджень для остаточного вирішення задачі управління швидкістю скочування відчепів при башмачному гальмуванні.

На підставі визначення основних причин виникнення порушення безпеки руху на сортувальних гірках та встановлено допустимі рівні ризику.

Так як один регулювальник може обслуговувати кілька сортувальних колій, виникає додаткова задача з перевірки умов розділення відчепів на паркових башмачних гальмових позиціях та можливості пересування регулювальника між сортувальними коліями.

Використовуючи запропонований у роботі [4] метод пошуку оптимального розподілу сортувальних колій між регулювальниками, для якого розроблено відповідний математичний апарат пошуку оптимального рішення, можна знизити ризики виникнення «небезпечної відмови». Під небезпечною відмовою у даному випадку слід розуміти виникнення таких умов, при яких не буде реалізована умова гальмування відчепів з усіма можливими наслідками. Окрім цього зменшується ризик при перетині регулювальником колії перед наступним відчепом.

Заслуговують уваги методи, які на основі імітаційного моделювання процесу розпуску составів дозволяють розрахувати потрібну величину збільшення тривалості розпуску при заданій кількості регулювальників швидкості руху вагонів і безумовному виконанні умов безпеки руху.

В даній статті розглянуто застосування методу аналізування видів і наслідків відмов *FMEA* (англ. – *Failure Mode and Effects Analysis*) для оцінки ризиків у роботі регулювальників швидкості руху вагонів на сортувальній гірці. Метод *FMEA* поєднано з методом експертних оцінок, що дозволяє краще обґрунтувати вибір складових числа пріоритетності ризику.

Основний матеріал дослідження

Метод оцінки ризику. В національному стандарті [13] наведено головні принципи вибору тридцять одного методу загального оцінювання ризику, а також питання, на які потрібно дати відповідь в процесі загального оцінювання ризику. Ці питання стосуються ідентифікації ризику, можливих наслідків та ймовірності їх виникнення у майбутньому, чинників, що пом'якшують наслідки ризику чи знижують його ймовірність, а також чи є рівень ризику прийнятним і чи треба буде його обробляти у подальшому.

Аналіз методів загального оцінювання ризику, які наведені у стандарті дозволяє висунути гіпотезу, що для загального оцінювання ризиків РШПВ може бути застосований метод аналізування видів і наслідків відмов *FMEA*.

Процедура *FMEA* для аналізу надійності та безпечності роботи систем стандартизована у [13]. Стандарт визначає *FMEA* як процедуру аналізу системи для виявлення потенційних режимів відмов, їх причин та наслідків для функціонування системи. *FMEA* є одним з методів виявлення тяжкості можливих відмов на оцінки заходів зі зменшення їх наслідків. Деякі з підвидів *FMEA* дозволяють проводити оцінку ймовірності виникнення відмов.

Одним з розширень *FMEA* є аналіз видів, наслідків та критичності відмов *FMECA* (англ. - *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), який включає в себе засоби ранжування тяжкості режимів відмов для визначення пріоритетності контрзаходів.

Стандарт [14] окремо відзначає можливість застосування принципів *FMEA* поза інженерним конструюванням. Процедура *FMEA* є гнучким інструментом, який можна налаштувати для задоволення конкретних потреб галузі у т.ч. для визначення та оцінки ризиків на сортувальних гірках з башмачним гальмуванням.

Серед завдань аналізу *FMEA*, які наведені у [14] слід відзначити:

- виявлення збоїв, які мають критичний вплив на роботу системи, тобто спричиняють припинення або значне погіршення роботи або впливають на безпеку користувачів;

- визначення критичності або пріоритетності для усунення або зменшення впливу відмов на правильне функціонування або продуктивність системи.

Таким чином можливість застосування методу *FMEA* (а точніше – *FMECA*) для загального оцінювання ризику травмування РШПВ можна вважати обґрунтованою. Розглянемо основні принципи проведення *FMECA* у прив'язці до визначення та оцінки ризику в роботі

регулювальників швидкості руху вагонів.

Як уже було відзначено вище, розширення *FMECA* передбачає оцінку критичності відмови (у даному випадку – ризику травмування або іншого погіршення здоров'я). Оцінка критичності, згідно [14], передбачає кількісну оцінку відносної величини кожної відмови, що є допоміжним засобом прийняття рішення відносно встановлення пріоритету дій з пом'якшення чи мінімізації впливу окремих ризиків.

У якості міри кількісного визначення критичності ризику стандарт пропонує використовувати число пріоритетності ризику *RPN* (англ. – *Risk Priority Number*), яке визначається як

$$RPN = S \cdot O \cdot D$$

де *S* – безрозмірне число, яке визначає ранг серйозності відмови (англ. – *Severity*), тобто, наскільки сильно наслідки відмови вплинуть на систему або користувача;

O – безрозмірне число, яке визначає ранг ймовірності (у значенні – можливості настання) даного режиму відмови; (англ. – *probability of occurrence*);

D – безрозмірне число, яке визначає ранг можливості виявлення, тобто оцінку шансу на виявлення та усунення відмови до того часу, як вона сталася (англ. – *detection*).

Слід зазначити, що величина *D* ранжується у зворотному до *S* та *O* порядку.

У подальшому відмови упорядковуються за значеннями їх *RPN*, причому приймається, що високий пріоритет має відмова з високим *RPN*.

Шкали значень рангів складових *RPN* можуть бути різними, однак на практиці широко використовується шкала від 1 до 10 для усіх складових [14].

Проведення анкетування. На основі статистичного аналізу нещасних випадків на виробництві було виділено 13 характерних для регулювальників швидкості руху вагонів нещасних випадків або подій, що негативно впливають на здоров'я. Їх перелік наведені у табл. 1.

Перелік вказаних у табл. 1 подій був запропонований у вигляді анкет двом групам фахівців, по 10 осіб у кожній групі – регулювальникам, що працюють на станції Сарни РФ «Львівська залізниця» та фахівцям служби охорони праці РФ «Львівська залізниця».

У анкеті була наведена коротка інструкція, у якій вказувалась мета проведення дослідження, його анонімність, максимальна кількість балів та принципи оцінювання, можливість присвоєння однакових балів різним випадкам.

Таблиця 1

Перелік нещасних випадків

Ви ризику	Позначення
Травмування відчепом при переході через колії	E_{v1}
Травмування відчепом при постановці гальмівного башмака	E_{v2}
Травмування при падінні при переході через колії	E_{v3}
Травмування при падінні при русі вздовж колій	E_{v4}
Ураження електричним струмом при перебуванні у службовому приміщенні	E_{v5}
Переохолодження	E_{v6}
Тепловий удар	E_{v7}
Дорожньо-транспортна пригода при русі на роботу/з роботи	E_{v8}
Травмування локомотивом	E_{v9}
Травмування при зчепленні-розчепленні вагонів	E_{v10}
Травмування при стихійних природних лихах	E_{v11}
Травмування під час проведення робіт зі снігоборотьби	E_{v12}
Побутові травми під час перерв у роботі (порізи, опіки і т.і)	E_{v13}

Кожній групі фахівців було запропоновано проставити ранги видам випадків, які наведені у анкеті для ознак ймовірності настання даного випадку O , серйозності наслідків S та можливості виявлення передумов та запобігання даного випадку D .

Розділення ризиків по рангах. Для ранжування складових RPN використано метод рангової кореляції [15, 16]. Так як при проставленні рангів мали місце однакові значення, проведено нормалізацію ранжувань дотримуючись умови, що сума всіх рангів рівна сумі чисел натурального ряду від 1 до кількості видів нещасних випадків n .

Нормалізовані ранжування за оцінками фахівців кожної групи занесені у розрахункові таблиці. При визначенні ступеня важливості відмови (типу випадку) визначалася сума рангів, привласнених i -ому виду випадку всіма експертами за формулою:

$$\sum_{i=1}^m R_{ij} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ij} + R_{im},$$

де R_{ij} – ранг, присвоєний експертом i -ому виду випадку j -м експертом.

Впорядковані в порядку зростання суми рангів указують на відносну вагу виду залізнично-транспортної пригоди чи нещасного випадку у кожній з наведених вище ознак. Вид випадку, що має максимальну суму рангів, матиме найбільшу важливість на думку експертів.

При виконанні оцінки відносної важливості показників згідно [15] визначався коефіцієнт конкордації W , який характеризує узгодженість думок фахівців у групі та груп фахівців між собою, визначається за формулою

$$W = \frac{\sum d_i^2}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (n^3 - 1) - m \cdot \sum_{j=1}^m T_j},$$

$$\text{де } T_j = \frac{1}{12} \cdot \sum_{j=1}^m (t_j^3 - t_j),$$

де m – кількість фахівців, що приймали участь в опитуванні;

t_j – кількість рангів, що збіглися в ранжуванні j -ого експерта;

$\sum d_i^2$ – сума квадратів відхилень суми рангів кожного показника від середньої суми, визначається за формулою

$$\sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{m \cdot (n+1)}{2} \right)^2.$$

Для оцінки ступеня узгодженості думок фахівців використано середньостатистичний критерій χ^2 з $n-1$ ступенем свободи:

$$\chi^2 = m \cdot (n-1) \cdot W$$

Обчислене значення χ^2 порівнювалось з табличним при рівні значущості $q = 5\%$. Перевищення обчисленого коефіцієнту табличного свідчить про достатню узгодженість думок фахівців і можливість використання для подальшого аналізу підсумкове ранжування факторів.

Результати дослідження.

У якості прикладу в табл. 2 на підставі отриманих значень нормалізованого рангу наведені результати розрахунку підсумкового рангу та узгодженості думок групи регулювальників швидкості руху вагонів для ознаки серйозності наслідків S .

Аналогічні розрахунки для групи фахівців служби охорони праці наведені в табл. 3

Результати розрахунку підсумкового рангу та узгодженості думок РШРВ для ознаки серйозності наслідків S

Вид ризику	Значення нормалізованого рангу для фахівця										Сума	Підсумковий ранг	d_i^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
E_{V1}	13	12	12,5	12,5	10	11,5	13	10,5	11,5	12	118,5	13	2352,3
E_{V2}	11,5	12	12,5	12,5	12,5	8,5	10,5	9	11,5	12	112,5	12	1806,3
E_{V3}	3,5	2,5	5,5	4,5	3	6,5	2	3	6,5	2,5	39,5	4	930,25
E_{V4}	1,5	4,5	3	4,5	3	6,5	1	6	1,5	2,5	34	3	1296
E_{V5}	9	7	7	7	7	8,5	7	8	11,5	7	79	7	81
E_{V6}	1,5	2,5	5,5	2,5	3	2,5	5,5	3	1,5	2,5	30	2	1600
E_{V7}	5,5	4,5	3	2,5	5	2,5	5,5	3	4,5	5	41	5	841
E_{V8}	7	9,5	10,5	10	10	4,5	8,5	6	6,5	9,5	82	8	144
E_{V9}	9	12	10,5	10	12,5	11,5	10,5	10,5	8,5	12	107	11	1369
E_{V10}	11,5	9,5	8,5	10	10	4,5	8,5	6	11,5	9,5	89,5	9	380,25
E_{V11}	9	7	8,5	7	7	11,5	12	12,5	8,5	7	90	10	400
E_{V12}	5,5	7	3	7	7	11,5	4	12,5	4,5	7	69	6	1
E_{V13}	3,5	1	1	1	1	1	3	1	3	2,5	18	1	2704
Сума	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	910	91	13905

Таблиця 3

Результати розрахунку підсумкового рангу та узгодженості думок фахівців служби охорони праці для ознаки серйозності наслідків S

Вид ризику	Значення нормалізованого рангу для фахівця										Сума	Підсумковий ранг	d_i^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
E_{V1}	12	11,5	11	13	11,5	10	11	11,5	12	12	115,5	13	2070,3
E_{V2}	12	11,5	11	10,5	8,5	12,5	11	11,5	12	12	112,5	12	1806,3
E_{V3}	2,5	6,5	2	1,5	6,5	3	4,5	5,5	2,5	3,5	38	4	1024
E_{V4}	2,5	1,5	4	1,5	6,5	3	4,5	3	4,5	1,5	32,5	3	1406,3
E_{V5}	7	11,5	8	7	8,5	7	7	7	7	9	79	7	81
E_{V6}	2,5	1,5	4	5,5	2,5	3	2,5	5,5	2,5	1,5	31	2	1521
E_{V7}	5	4,5	4	5,5	2,5	5	2,5	3	4,5	5,5	42	5	784
E_{V8}	9,5	6,5	6,5	8,5	4,5	10	11	11,5	9,5	7	84,5	8	210,25
E_{V9}	12	8,5	11	10,5	11,5	12,5	11	11,5	12	9	109,5	11	1560,3
E_{V10}	9,5	11,5	6,5	8,5	4,5	10	11	8,5	9,5	12	91,5	10	462,25
E_{V11}	7	8,5	11	12	11,5	7	7	8,5	7	9	88,5	9	342,25
E_{V12}	7	4,5	11	4	11,5	7	7	3	7	5,5	67,5	6	6,25
E_{V13}	2,5	3	1	3	1	1	1	1	1	3,5	18	1	2704
Сума	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	910	91	13978

Аналіз підсумкових рангів табл. 2 та 3 показує їх однаковість за виключенням ризиків E_{V10} «Травмування при зчепленні-розчепленні вагонів» та E_{V11} «Травмування при стихійних природних лихах». Значення підсумкових рангів вказаних ризиків відрізняються в межах статистичної похибки.

В табл. 4 наведені результати узгодженості думок для групи регулювальників швидкості руху вагонів. Аналогічні результати отримано і для групи фахівців служби охорони праці.

Результати розрахунків показують, що для усіх складових $RPN - S, O, D$ узгодженість думок є достатньою, тобто $\chi^2 > \chi_{q=0,05}^2$ і оцінки

двох груп фахівців можуть бути використані для подальших досліджень.

Таблиця 4

Результати розрахунку узгодженості думок групи регулювальників

Складова RPN	Значення для показника узгодженості				
	T_j	$\sum d_i^2$	W	χ_q^2	χ^2
S	55,0	13905	0,79	21,0	94,57
O	89,5	13459	0,78		93,33
D	97,5	11671	0,68		81,3

В табл. 5 наведені результати розрахунку показника RPN та впорядкування ризиків за їх значенням.

Розрахунок показника RPN та впорядкування випадків за його значенням

Назва випадку	Вид ризику	Значення складової RPN			RPN
		S	O	D	
Травмування відчепом при переході через колії	E_{V1}	13	12	11	1716
Травмування відчепом при постановці гальмівного башмака	E_{V2}	12	11	10	1320
Травмування при зчепленні-розчепленні вагонів	E_{V10}	9	13	9	1053
Травмування при стихійних природних лихах	E_{V11}	10	5	13	650
Дорожньо-транспортна пригода при русі на роботу/з роботи	E_{V8}	8	6	12	576
Тепловий удар	E_{V7}	5	8	8	320
Травмування під час проведення робіт зі снігоборотьби	E_{V12}	6	9	5	270
Травмування при падінні при переході через колії	E_{V3}	4	10	6	240
Травмування при падінні при русі вздовж колій	E_{V4}	3	7	7	147
Травмування локомотивом	E_{V9}	11	2	2	44
Ураження струмом при перебуванні у службовому приміщенні	E_{V5}	7	1	4	28
Побутові травми під час перерв у роботі (порізи, опіки і т.і)	E_{V13}	1	3	3	9
Переохолодження	E_{V6}	2	4	1	8

Отже, найвище число пріоритетності мають ризики випадків травмування відчепом при переході через колію і травмування відчепом при установці гальмівного башмака.

Також слід звернути увагу на ризик травмування локомотивом. Вказаний випадок має високу оцінку наслідків S , однак оцінка ймовірності настання O та оцінка запобігання настання даного випадку D є низькими, тому число пріоритетності даного ризику також є низьким.

Ризики травмування та погіршення стану здоров'я, що спричинені побутовими та природними факторами мають низьке число пріоритетності.

Висновки

Організація роботи залізничних станцій, обладнаних гірковими сортувальними пристроями з башмачним гальмування відчепів потребує комплексного і системного підходу до вирішення питань визначення, ідентифікації, оцінки ризиків та розробки заходів по їх зменшенню.

В ході досліджень були сформульовані наступні висновки.

1. З використанням методу експертних оцінок було проведено опитування двох груп експертів по 10 осіб. Опрацювання результатів дозволило встановити факт узгодження думок експертів як рамках групи, так і між групами.

2. З використанням методу *FMEA* встановлено три складові числа пріоритетності ризику *RPN* для кожного виду небезпеки і розміщено у послідовності зменшення небезпечні випадки, що можуть статися з регулювальниками швидкості руху вагонів.

3. Встановлено, що найвище число пріоритетності мають ризики випадків травмування

відчепом при переході через колію і травмування відчепом при установці гальмового башмака. Встановлено, що ризик травмування локомотивом при низьких оцінках ймовірності настання O та запобігання настання даного випадку D має високу оцінку наслідків S .

Ризики травмування та погіршення стану здоров'я, що спричинені побутовими та природними факторами мають низьке число пріоритетності.

4. Встановлено, що запропонований у роботі [4] метод пошуку оптимального розподілу сортувальних колій між регулювальниками дозволяє мінімізувати саме ті ризики, пріоритетність яких є найвищою за результатами виконаних досліджень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Козаченко Д. М., Малашкін В. В., Березовий М. І., Боричева С. В. Аналіз логістичних ризиків залізничного транспорту гірничо-збагачувального комбінату в умовах збільшення обсягів виробництва готової продукції. Транспортні системи та технології перевезень. Дніпро, 2021. Вип. 21. С. 41–48. DOI: 10.15802/tstt2021/237650.

2. Козаченко Д. М., Березовий М. І., Малашкін В. В., Боричева С. В. Особливості розрахунку потрібної кількості колій зернових терміналів у морських портах в сучасних умовах. Транспортні системи і технології перевезень. Дніпро, 2021. Вип. 22. С. 80–87. DOI: 10.15802/tstt2021/247886.

3. Козаченко Д. М., Березовий М. І., Малашкін В. В., Мілянчик А. Р. Аналіз перспектив та передумов створення в Україні операторів залізничної інфраструктури. Транспортні системи і технології перевезень. Дніпро, 2020. Вип. 20. С. 66–73. DOI: 10.15802/tstt2020/217408.

4. Гревцов С. В. Підвищення ефективності процесу розформування составів на сортувальних гірках

з немеханізованими парковими гальмовими позиціями. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Дніпро, 2018. 164 с.

5. Модин Н. К. Безопасность функционирования горочных устройств. Москва : Транспорт, 1995. 173 с.

6. Лисенков В. М. Безопасность технических средств в системах управления движением поездов. Москва: Транспорт, 1992. 192 с.

7. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ : Транспорт України, 2005. 256 с.

8. Гревцов С. В. Дослідження умов розділення відцепів на немеханізованих гальмових позиціях // Транспортні системи і технології перевезень. 2016. № 11. С. 26–32. doi: 10.15802/tstt2016/7682

9. Гревцов С. В. Дослідження ризиків, пов'язаних з розформуванням составів поїздів на сортувальних гірках // Транспортні системи і технології перевезень. 2016. № 10. С. 10–15. doi: 10.15802/tstt2016/85879.

10. Kozachenko D. M., Bobrovskiy V. I., Grevtsov S. V., Berezoviy M. I. Controlling the speed of rolling cuts in condition of reduction of brake power of car retarders // Наука та прогрес транспорту. 2016. № 3 (63). С. 28–40. doi: 10.15802/stp2016/74710.

11. Козаченко Д. Н., Гревцов С. В., Болвановская Т. В. Управление роспуском составов на сортировочных горках с немеханизированными парковыми тормозными позициями // Вісник нац. техн. ун-ту «ХПІ».

Сер. : Механіко-технологічні системи та комплекси : зб. наук. пр. Харків, 2017. № 19 (1241). С. 72–80.

12. Козаченко Д. Н., Бобровский В. И., Гревцов С. В. Оптимизация распределения сортировочных путей между регулировщиками скорости вагонов // Транспортні системи і технології перевезень. 2017. Вип. 13. С. 26–36. doi: 10.15802/tstt2017/110766.

13. Національний стандарт України. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (ІЕС/ІСО 31010:2009, ІДТ) ДСТУ ІЕС/ІСО 31010:2009 31010:2013. Видання офіційне. Київ Мінекономрозвитку України. 2015. Надано чинності: наказ Мінекономрозвитку України від 11 грудня 2013 р. №1469 з 2014-07-01

14. ІЕС 60812. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).

15. Добров В.В. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. – К.: Наука, 1974. – 245 с.

16. Кендел М.Д. Ранговые корреляции. - М.: Финансы и статистика, 1975. – 300 с.

Надійшла до редколегії 20.06. 2022

Прийнята до друку 22.06.2022

M. BEREZOVIYI, Y. BOLZHELARSKYI, D. KOZACHENKO, S. BORYCHEVA

ASSESSMENT OF RISKS ON SORTING SLIDES ACCORDING TO EUROPEAN APPROACHES

The purpose. Sorting wagons on slide devices is one of the most responsible and dangerous processes. Risks arising in the process of disbanding trains can lead to railway accidents with serious consequences. One of the operations of the process of sorting wagons is their braking during rolling, which is a complex operational task with many criteria, and shoe braking is also related to the presence of people in a dangerous zone. Therefore, the goal of the research is to increase the safety of the technological process of breaking up cars on the sorting chute by assessing the risks of the speed controllers and determining the priority measures to minimize them. **The Methodology.** The system analysis procedure for identifying potential failure modes, their causes and consequences for the operation of FMEA and the analysis of the types, consequences and criticality of FMECA failures with means of ranking the severity of failure modes were chosen as research methods. The results of the survey of two professional groups were chosen as the initial data. **The results.** A statistically established list of railway accidents and accidents for the profession of train speed controller was offered to two groups of specialists, 10 people in each group, to assess the severity, probability and possibility of prevention in the form of questionnaires. Using the FMEA method, the three components of the RPN risk priority number for each type of hazard are established and the dangerous cases that can happen to the rail speed regulators are placed in descending order. The obtained final ranks showed the consistency of opinions on certain characteristics within the group and their practical uniformity for the two professional groups. Risks with the highest priority and risks with low estimates of the probability of occurrence and prevention of the event, but with high estimates of consequences, have been established. **Practical significance.** For all components of the RPN – S, O, D, the agreement of opinions is sufficient and the evaluations of two groups of experts can be used for further research. the priority of which is the highest according to the results of the performed studies.

Keywords: sorting hump, braking, risk, ranking, failure severity, probability, failure elimination, wagon speed controller.

УДК 004.4:65.011.56

І. Я. СКОВРОН^{1*}, Є. Б. ДЕМЧЕНКО^{2*}, А. С. ДОРОШ^{3*}, В. В. МАЛАШКІН^{4*}

^{1*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (095) 230 50 34, ел. пошта: norvoks@gmail.com, ORCID 0000-0003-0697-2698

^{2*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (097) 799 16 75, ел. пошта: e.b.dmch@gmail.com, ORCID 0000-0003-1411-6744

^{3*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 927 84 62, ел. пошта: dorosh.andrii@gmail.com, ORCID 0000-0002-5393-0004

^{4*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (068) 409-61-85, ел. пошта: viacheslav.malashkin@gmail.com, ORCID 0000-0002-5650-1571

ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З МЕТОЮ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Мета. Аналіз і вирішення проблеми інтенсифікації та автоматизації процесу підготовки графічної частини технічної документації транспортної інфраструктури для підприємств та структурних підрозділів як залізничного так і автомобільного транспорту. **Методика.** При формулюванні та вирішенні проблеми, яка аналізується в даній статті, важливим є виокремлення із численної кількості факторів, що впливають на тривалість створення відповідного креслення, тих критичних операцій, які займають значну тривалість, і, разом з тим, виконуються здебільшого вручну. Виникає можливість інтенсифікувати вказані операції за рахунок заміни якомога більшої частки ручних рутинних операцій на їх автоматизоване виконання. При створенні графічної частини технічної документації для транспортних об'єктів зазвичай такою критичною операцією є власне процес підготовки ряду креслень, що вимагають побудови великої кількості графічних елементів, які можуть бути автоматизовані з використанням базових знань табличного процесору MS Excel, системи проектування Autodesk AutoCAD, а також текстового процесору MS Word. **Результати.** Для ілюстрації ефективності інтенсифікації та автоматизації процесу підготовки графічної частини технічної документації виконана статистична обробка експертних оцінок тривалості побудови поздовжнього профілю залізничної колії з різною кількістю елементів та контрольних точок, які потрібно врахувати при побудові креслення. **Практична значимість.** У зв'язку з тим, що витрати часу на побудову та оформлення деяких креслень можуть бути доволі значними, то використання описаного вище програмного комплексу дозволить суттєво пришвидшити не лише процес підготовки графічної частини технічної документації транспортної інфраструктури, але й процес створення пояснювальної записки.

Ключові слова: автоматизація, технічна документація, масштабні креслення, програмне забезпечення.

Вступ

У великій кількості підприємств різних форм власності, що мають розвинену транспортну інфраструктуру, як на етапі її проектування, так і на етапі будь-якого її удосконалення, виникає необхідність підготовки технічної документації. Це особливо характерно для великих підприємств, які постійно відчувають потребу в розвитку як виробничих потужностей, так і відповідної транспортної інфраструктури.

Вказана технічна документація, як правило, містить пояснювальну записку з розрахунковою частиною, а також графічну частину із рядом креслень. При цьому деякі креслення для кожного транспортного підприємства є унікальними, і, зазвичай, вимагають безпосередньої уваги проектувальника, що не дозволяє кардинально (в разі) скоротити час на їх створення. Прикладом даної групи креслень можна

вважати масштабний план транспортної інфраструктури, яка проектується чи удосконалюється.

Інша група креслень виконується за уніфікованим шаблоном, тому, як правило, вигляд таких креслень для різних підприємств може бути доволі схожим та передбачати побудову, крім основних, також і досить значної кількості допоміжних графічних елементів. До даної групи креслень можна віднести, наприклад, поздовжній профіль залізничних колій. Створення креслень цього типу може бути суттєво пришвидшено шляхом автоматизації їх побудови у порівнянні з побудовою кожного такого креслення безпосередньо проектувальником.

Одним із найбільш зручних варіантів інтенсифікації підготовки креслень для технічної документації є комплексне використання програмного забезпечення, яке включає Autodesk

AutoCAD, спеціалізовану мову програмування AutoLISP та MS Excel. Крім того, для пришвидшення підготовки тексту технічної документації в MS Word, можна передбачити автоматичні зв'язки з відповідними даними у MS Excel.

Основи побудови елементів креслень в AutoCAD за допомогою AutoLISP

Як відомо, AutoCAD – це програмне забезпечення системи автоматизованого проектування (САПР), за допомогою якого архітектори, інженери і будівельники створюють точні масштабні як 2D- так і 3D-креслення.

Часто AutoCAD використовується для безпосереднього створення різноманітних креслень вручну. В той же час дане програмне забезпечення може використовуватись і для автоматизації побудови креслень, оскільки має вбудований інтерпретатор ряду мов програмування, серед яких є і мова AutoLISP.

AutoLISP – це діалект мови програмування Lisp, який створений для використання з повною версією AutoCAD. Він дозволяє, крім багатьох інших функцій, виконувати масштабні креслення за рахунок виконання команд підготовленої користувачем AutoLISP-програми.

За допомогою даної мови програмування можна створювати окремі програми (без графічного інтерфейсу), які можна запуснути в AutoCAD у автоматичному чи діалоговому режимі для виконання запрограмованих дій. Виконання різних задач за рахунок створення таких програм було описано у ряді робіт [1-3].

Окремої уваги серед команд AutoLISP заслуговує команда "COMMAND", яка дозволяє виконувати більшу частину команд AutoCAD (налаштування графічного середовища, побудову креслень і т. д.) [4-6]. Сукупність таких команд утворюють AutoLISP-програму, а її виконання у середовищі AutoCAD займає лише лічені секунди. Синтаксис даної команди виглядає так:

```
(COMMAND [commandName [arguments ... ]])
```

де commandName – назва команди AutoCAD;
arguments – параметри запуску команди;
[...] – необов'язкові параметри.

Параметрами можуть бути як керуючі дані для побудови графічних примітивів так і координати точок (у вигляді "x, y" або "x, y, z").

Далі розглянемо приклади використання команди "COMMAND" для побудови основних графічних елементів та ряду інших супутніх дій.

Для переривання виконання будь-якої команди AutoCAD (аналог натискання клавіші <Esc> на клавіатурі) використовують команду:

```
(COMMAND)
```

З метою завершення введення команди AutoCAD (аналог натискання клавіші <Enter> на клавіатурі) використовується синтаксис:

```
(COMMAND "")
```

Варто мати на увазі, що у випадку необхідності використання AutoLISP-програми не лише у англійській версії AutoCAD, але й в інших локалізаціях, для можливості коректного сприйняття таких команд та параметрів перед їх назвою слід додати префікс "_". Крім цього, префікс "." перед назвою команди забезпечить виклик саме стандартної "чистої" команди AutoCAD, а не її перевизначеної версії.

Також слід пам'ятати, що за замовчуванням у AutoCAD координати між собою відділяються комою, а ціла частина від дробової відділяється крапкою (наприклад, точку, з координатами (1000,83; 10,6) у AutoCAD слід вводити як "1000.83,10.6").

Лінію між заданими точками можна побудувати за допомогою наступного виразу:

```
(COMMAND "_Line" "x1,y1" "x2,y2" ... "xn,yn" "")
```

де "x_i, y_i" – координати x та y для i-ї точки;

"" – параметр завершення введення команди.

Наприклад, побудувати квадрат з вершинами у точках (0; 0), (0; 5), (5; 5) та (5; 0) саме сукупністю ліній можна за допомогою виразу:

```
(COMMAND "_Line" "0,0" "0,5" "5,5" "5,0" "0,0" "")
```

Слід звернути увагу, що точок у даному виразі 5, адже для замикання квадрату наприкінці ще раз було продубльовано вихідну точку.

Прямокутник можна побудувати за допомогою наступного виразу:

```
(COMMAND "_Rectang" "x1,y1" "x2,y2")
```

де "x₁, y₁" – координати x та y для 1-ї точки;

"x₂, y₂" – координати x та y для 2-ї точки, що розташована по діагоналі відносно 1-ї точки.

Приклад прямокутника з вершинами у точках (0; 0), (0; 5), (10; 5) та (10; 0) виглядає так:

```
(COMMAND "_Rectang" "0,0" "10,5")
```

Фігуру довільної форми можна побудувати використавши вираз для полілінії:

```
(COMMAND "_PLine" "x1,y1" "x2,y2" ... "xn,yn" "param")
```

де "x_i, y_i" – координати x та y для i-ї точки;

"param" – параметр замикання (" - ні, "_C" - так).

Приклад виразу для полілінії виглядає так

```
(COMMAND "_PLine" "0,0" "5,5" "10,0" "15,15" "20,0" "25,25" "")
```


Коло з центром у заданій точці та вказаними розмірами можна побудувати такими виразами

```
(COMMAND "_Circle" "x,y" "radius")
```

```
(COMMAND "_Circle" "x,y" "_d" "diameter")
```

де "x, y" – координати x та у центру кола;
"radius" / "diameter" – радіус / діаметр кола.

Для прикладу, коло радіусом 10 з центром у точці (0; 0) можна задати таким чином:

```
(COMMAND "_Circle" "0,0" "10")
```

```
(COMMAND "_Circle" "0,0" "_d" "20")
```

Дугу, що проходить через три точки, можна задати наступним виразом

```
(COMMAND "_Arc" "x1,y1" "x2,y2" "x3,y3")
```

де "x_i, y_i" – координати x та у точок, через які проходить дуга (порядок точок має значення);

Для прикладу, дугу у вигляді півкола радіусом 5 можна отримати так:

```
(COMMAND "_Arc" "0,0" "5,5" "10,0")
```

Дугу, що задається координатами точки її початку, кінця та значенням кута (існують й інші способи), можна задати наступним виразом

```
(COMMAND "_Arc" "x1,y1" "_e" "x2,y2" "_a" "angle")
```

де "x₁, y₁" – координати точки початку дуги;

"_e" – параметр вибору кінцевої точки;

"x₂, y₂" – координати точки кінця дуги;

"_a" – параметр вибору задання кута;

"angle" – значення кута побудови дуги.

Для прикладу, дугу у вигляді четвертини кола радіусом 10 можна отримати так:

```
(COMMAND "_Arc" "0,0" "_e" "10,10" "_a" "-90")
```

Незважаючи на те, що на перший погляд деякі вирази для різних примітивів виглядають практично однаковими (наприклад, "_Line" та "_PLine"), варто мати на увазі, що вони можуть мати різні можливості у додаткових налаштуваннях (задання змінної товщини, кута повороту, загальної довжини і т. ін.).

Для більш детального розуміння усіх можливостей налаштування того чи іншого графічного елемента варто проекспериментувати з їх додатковими параметрами (вказані параметри видно у протоколі останніх введених команд командного рядку).

Колір графічних елементів (ліній, фігур, тексту) у програмі задають наступним виразом:

```
(COMMAND "_Color" "code")
```

де "code" – код потрібного кольору; див. табл. 1.

За потреби можна задати й інші коди кольорів та їх відтінків [7]. Для прикладу синій колір можна задати таким чином

```
(COMMAND "_Color" "5")
```

Таблиця 1

Основні коди кольорів у AutoCAD

Код	Колір	Код	Колір
0	білий (чорний)	5	синій
1	червоний	6	пурпуровий
2	жовтий	7	чорний (білий)
3	зелений	8	темно-сірий
4	блакитний	9	світло-сірий

Заданий колір буде діяти для усіх елементів, до його зміни на інший.

Товщину ліній задають виразом

```
(COMMAND "_LWeight" "thickness")
```

де "thickness" – потрібна товщина (задати можна допустиме для даної версії AutoCAD символічне або чисельне значення товщини).

Приклад зміни товщини ліній

```
(COMMAND "_LWeight" "_ByLayer")
```

```
(COMMAND "_LWeight" "0.75")
```

Слід зауважити, що товщина ліній повинна дорівнювати стандартному значенню, тому, у випадку невідповідності заданого значення стандартному, вона буде округлена за прийнятими правилами до найближчого із стандартних. Саме тому у першому випадку буде прийнята стандартна для даного шару товщина лінії (задана за замовчуванням або користувачем), а у другому випадку буде прийнято значення 0,70 мм замість заданих 0,75 мм (оскільки у AutoCAD 2012 значення товщини 0,75 мм немає серед стандартних значень товщини ліній).

Тип ліній можна змінити виразом

```
(COMMAND "_LineStyle" "param" "lineTypeName" "param")
```

де "param" – параметр, який визначає необхідність створення ("_C"), завантаження ("_L"), активування вказаного типу лінії ("_S"), або завершення введення команди ("");

"lineTypeName" – назва потрібного типу лінії.

```
(COMMAND "_LineStyle" "_S" "_ByLayer" "")
```

```
(COMMAND "_LineStyle" "_S" "Continuous" "")
```

Стиль тексту створити можна таким чином

```
(COMMAND "_Style" "styleName" "fnt" "hgt" "wth" "ang" "rtl" "up")
```

де "styleName" – назва стилю, що створюється;

"fnt" – назва шрифту, який слід застосувати;

"hgt" – висота шрифту;
"wth" – товщина шрифту;
"ang" – кут нахилу символів тексту;
"rtl" – виведення тексту справа наліво чи ні;
"up" – виведення перевернутого тексту чи ні.
Приклад створення нового стилю тексту

```
(COMMAND "_Style" "Пікети" "Calibri" "2.5" "2" "0" "_n" "_n")
```

Стиль тексту активувати можна так

```
(COMMAND "_Text" "txtMode" "styleName" "")
```

де "txtMode" – режим роботи з текстом ("_S" для активування вибраного стилю, "_J" для задання параметрів вирівнювання тексту);

"styleName" – назва стилю, що активується;

Приклад активування іншого (створеного раніше) стилю тексту

```
(COMMAND "_Text" "_S" "Пікети" "")
```

Вивести текст (з параметрами активованого на цей момент стилю) з форматуванням можна наступним виразом:

```
(COMMAND "_Text" "txtMode" "justifyMode" "x,y" "angle" "textStr")
```

де "justifyMode" – режим вирівнювання відносно базової точки ("_Left", "_Right", "_Center", "_MC" та інші);

"x,y" – координата базової точки виводу тексту;

"angle" – кут нахилу текстового рядку до осі X;

"textStr" – текстовий рядок, що виводиться.

Приклад виведення тексту "Кілометри" у точку з координатами (0, 0) з вирівнюванням відносно неї по центру як по вертикалі, так і по горизонталі

```
(COMMAND "_Text" "_J" "_MC" "0,0" "0" "Кілометри")
```

Для простого виведення тексту (без форматування) слід скористатись виразом

```
(COMMAND "_Text" "0,0" "0" "Кілометри")
```

Залити замкнену фігуру, якій належить задана точка, можна так:

```
(COMMAND "_BHatch" "_P" "_S" "x,y" "")
```

Наприклад, для точки з координатами (10, 10)

```
(COMMAND "_BHatch" "_P" "_S" "10,10" "")
```

Інколи перед заливанням фігури слід збільшити відповідний її фрагмент.

Змінити масштаб відображення фрагменту креслення так, щоб воно повністю заповнило екран, можна за допомогою такого виразу:

```
(COMMAND "_Zoom" "_W" "x1,y1" "x2,y2")
```

Наприклад

```
(COMMAND "_Zoom" "_W" "0,0" "100,200")
```

Аналогічно вивести на весь екран повністю все креслення можна таким чином:

```
(COMMAND "_Zoom" "_A")
```

Відключити об'єкту прив'язку повністю (як правило, на початку програми) можна так

```
(COMMAND "_OSnap" "_off")
```

Включити об'єкту прив'язку (зразу усі режими чи лише вибрані режими) можна так:

```
(COMMAND "_OSnap" "_on")
```

```
(COMMAND "_OSnap" "_end,_mid,_cen,_par,_int,_appint,_per")
```

Використання MS Excel для підготовки виразів AutoLISP

Раніше були наведені вирази на мові програмування AutoLISP (далі – AutoLISP-вирази) для виконання ряду налаштувань графічного середовища та побудови основних графічних елементів у AutoCAD.

Природньо, що у MS Excel немає штатних функцій для формування AutoLISP-виразів, тому для цього слід застосовувати функції MS Excel, які призначені для роботи з текстом. Враховуючи специфіку використання подвійних лапок в MS Excel, а також, як правило, різні символи відділення чисел між собою та цілої частини від дробової, що прийняті у MS Excel та в AutoCAD, дані вирази можуть бути досить громіздкими та викликати помилки за потреби їх модифікації.

У процесі формування AutoLISP-виразів можуть використовуватись будь-які штатні функції MS Excel, а за нагальної потреби – можуть застосовуватись функції користувача, які створюються з використанням вбудованої у всіх додатках MS Office мови програмування VBA. В даній статті для формування AutoLISP-виразів використовуються лише штатні функції MS Excel 2010 (чи більш нових версій).

Розглянемо наступний AutoLISP-вираз для побудови лінії між чотирма точками

```
(COMMAND "_Line" "10.1,5.5" "10.2,6.5" "10.3,7.5" "10.4,8.5" "")
```

З метою отримання даного AutoLISP-виразу в MS Excel слід враховувати наступні рекомендації та особливості даного додатку:

- для зручності модифікації значень координат рекомендується занести їх у спеціально виділені для цього клітинки MS Excel (див. рис. 1), а у AutoLISP-вираз слід підставляти їх адреси;

- для формульного виведення текстової інформації в MS Excel її слід обмежити (огорнути) подвійними лапками;


```
( GRAPHISCR )
( GRCLLEAR )
( COMMAND "_OSnap" "_off" )
( COMMAND "_Style" "Пікети" "Calibri bold italic" "2.5" "1" "0" "_n" "_n" )
( COMMAND "_Style" "Кілометри" "Calibri bold italic" "3" "1" "0" "_n" "_n" )
( COMMAND "_Style" "Крива" "Calibri bold italic" "2.5" "1" "0" "_n" "_n" )
( COMMAND "_Zoom" "_e" "-20,-50.99" "115.7,220" )
( COMMAND "_LWeight" "ByLayer" "" )
( COMMAND "_Line" "0,0" "95,7,0" "" "_Line" "95,7,7" "0,7" "" "_L1" )
( COMMAND "_Text" "_S" "Пікети" )
( COMMAND "_Text" "_J" "MC" "50,-3" "0" "0:50" )
...
( COMMAND "_LWeight" "0.5" "" )
( COMMAND "_Line" "19,6,54,5" "44,21,54,5" "" "_Line" "44,21,54,5" "74,73,54,5" "" "_Line" "74,7" )
( COMMAND "_LWeight" "ByLayer" "" )
( COMMAND "_Line" "0,62" "0,87" "" "_Line" "19,6,62" "19,6,87" "" "_Line" "7,14,62" "7,14,152" "" )
( COMMAND "_LWeight" "0.5" "" )
( COMMAND "_Line" "0,53" "0,56" "" "_Line" "0,54,5" "7,14,54,5" "" "_Line" "0,54,5" "19,6,59,5" )
( COMMAND "_Text" "_J" "MC" "4,14,137" "2,5" "90" "ЦСП 12" "_Text" "_J" "MC" "10,14,137" "2,5" )
( COMMAND "_Circle" "34,16,50,75" "1" "" )
( COMMAND "_Line" "34,16,50,75" "34,16,90" "" )
...
( COMMAND "_Arc" "44,21,-9,76" "_e" "46,21,-7,76" "_a" "-90" "_Arc" "72,73,-7,76" "_e" "74,73,-9,7" )
( SETVAR "FILLETRAD" 2 )
( COMMAND "_Text" "_S" "Крива" )
( COMMAND "_Text" "_J" "MC" "59,47,-20,26" "0" "KP 4" )
( COMMAND "_Text" "_S" "Standard" )
( COMMAND "_Text" "_J" "MC" "49,47,-24,26" "2,5" "0" "P - 190,00" "_Text" "_J" "MC" "68,47,-24,26" )
( COMMAND "_Text" "_J" "ML" "30,14,160" "0" "Колія 7" )
( COMMAND "_Text" "_S" "Standard" )
( COMMAND "_Text" "_J" "ML" "46,94,160" "3" "0" " / Вістряк СП12 - Упор )
( COMMAND "_Text" "_J" "ML" "30,14,155" "3" "0" "Колія локомотивного депо" )
( COMMAND "_Text" "_J" "ML" "30,14,145" "3" "0" "Повна довжина - 95,7 м" )
( COMMAND "_Text" "_J" "ML" "30,14,140" "3" "0" "Корисна довжина - 61,54 м" )
( COMMAND "_OSnap" "_end_mid_cen_par_int_appint_pen" )
( COMMAND "_Color" "7" )
( COMMAND )
```

Рис. 5. Лістинг фрагментів програми побудови поздовжнього профілю залізничної колії в AutoCAD

В результаті копіювання даної AutoLISP-програми (сукупності AutoLISP-виразів) у командний рядок AutoCAD, в останній відбувається автоматична побудова та оформлення поздовжнього профілю даної залізничної колії як показано на рис. 6.

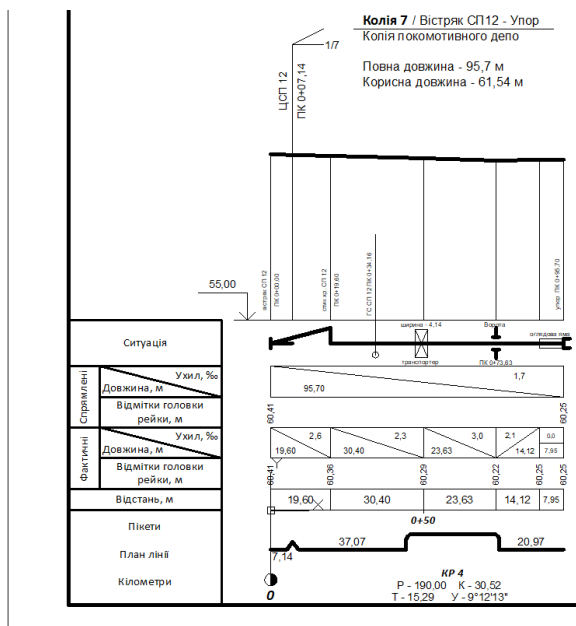


Рис. 6. Поздовжній профіль залізничної колії

За потреби отримане зображення проектувальник може додатково корегувати вручну в AutoCAD, після чого друкувати чи використовувати для оформлення пояснювальної записки.

Варто відзначити, що при коректному проектуванні такої програми як «Plan2Prof» (з урахуванням усіх факторів та нюансів оформлення подібних креслень) можна з великою ймовірністю гарантувати відсутність

помилку у розрахунках та при оформленні цих креслень.

Визначення доцільності створення AutoLISP-програми для автоматизації підготовки креслень в AutoCAD

Виконаємо оцінку доцільності створення AutoLISP-програм у порівнянні з виконанням подібної роботи тим же проектувальником вручну. Для цього в табл. 2 наведені експертні оцінки тривалості побудови поздовжнього профілю залізничних колій різної довжини як з використанням програми «Plan2Prof» так і без неї.

Для кожного із вказаних варіантів були встановлені експертні оцінки тривалості побудови поздовжнього профілю для «простих» колій (з незначною кількістю елементів та контрольних точок), для «складних» колій $T_{скл}$, а також розраховані відповідні середні значення \bar{T} .

Таблиця 2

Часові оцінки створення креслень

L, м	З програмою			Без програми			$\frac{\bar{T}_{ЗП}}{\bar{T}_{БП}}$, %
	$T_{пр}$, хв	$T_{скл}$, хв	$\bar{T}_{ЗП}$, хв	$T_{пр}$, хв	$T_{скл}$, хв	$\bar{T}_{БП}$, хв	
100	14	25	19,5	45	58	51,5	37,9
500	25	46	35,5	103	137	120	29,6
1000	33	78	55,5	160	213	186,5	29,8
2000	43	113	78	210	280	245	31,8

Для середніх значень \bar{T} із табл. 2 наведемо залежності $\bar{T} = f(L)$ на рис. 7.

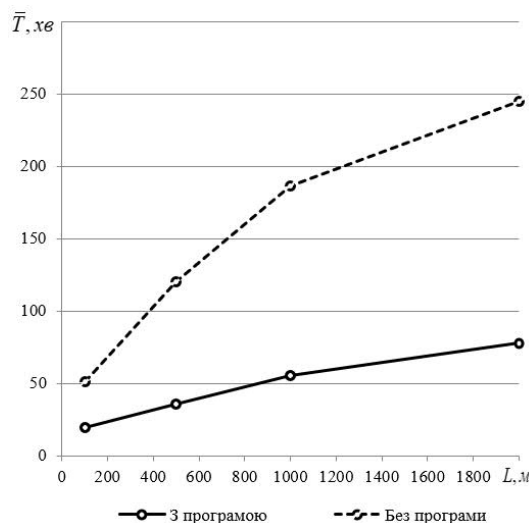


Рис. 7. Середні часові оцінки створення поздовжніх профілів з використанням програми та без неї

Як видно із табл. 2, тривалість створення поздовжніх профілів залізничних колій з використанням програми «Plan2Prof» скорочується більш ніж втричі, що, при регулярній потребі створювати подібні креслення, дозволить суттєво інтенсифікувати даний процес. Варто зазначити, що вказані часові оцінки були надані підготовленими спеціалістами, в той час коли для початківців (з базовими навиками роботи у AutoCAD) тривалість виконання аналогічних креслень вручну очевидно була б більшою.

Незважаючи на те, що в даній статті ілюстрацією доцільності створення та використання AutoLISP-програм був процес побудови поздовжніх профілів саме залізничних колій, не викликає жодних сумнівів, що вказаний підхід щодо інтенсифікації та автоматизації процесу підготовки графічної частини технічної документації транспортної інфраструктури буде корисним і для підприємств та структурних підрозділів інших видів транспорту, і, насамперед, для автомобільного транспорту.

Висновки

В роботі транспортних підприємств досить часто виникають різноманітні задачі, які вимагають підготовки технічної документації; при цьому, однією із операцій, яка вимагає багато часу та постійної максимальної уваги проєктувальника, є складання та оформлення різноманітних креслень.

Існують різні шляхи інтенсифікації процесу підготовки графічної частини технічної документації, кожен із яких має як переваги так і недоліки. В даній статті розглянуто застосування з цією метою AutoLISP-програм, для підготовки яких рекомендується застосовувати середовище MS Excel. У даній статті наведені принципи створення AutoLISP-виразів для побудови графічних елементів у AutoCAD та розглянуті особливості їх підготовки в MS Excel.

Для прикладу застосування подібного підходу з метою побудови креслень у статті було розглянуто розроблену програму «Plan2Prof», яка працює у середовищі Microsoft Excel та дозволяє автоматизувати ряд найбільш тривалих операцій, пов'язаних з розрахунками, графічною побудовою поздовжніх профілів залізничних колій та їх оформленням у середовищі AutoCAD; наведені ілюстрації основних етапів роботи з даною програмою.

У підсумку наведена оцінка доцільності використання AutoLISP-програм, яка показала високу ефективність такого підходу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проєктуванні технологічного обладнання / В. Ю. Щербина, О. С. Сахаров, О. В. Гондляр, В. І. Сівецький. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156с.: іл.
2. М. Донченко, О. Рябенський. Особенности использования программных средств для модификации AutoCAD. – CADmaster, 2004, – 5(25), – С. 10-15.
3. Ю. А. Кречко. AutoCAD: программирование и адаптация. – М., Диалог, МИФИ, 1995.
4. Н. Н. Полещук, П. В. Лоскутов. AutoLISP и VisualLISP в среде AutoCAD. – СПб: 2006.
5. М. С. Свірневський. Розробка додатків для продуктів Autodesk: Навчальний посібник. - Хмельницький: ХНУ, 2017. - 316 с..
6. AutoLISP: Developer's Guide. Режим доступу: <https://help.autodesk.com/view/OARX/2021/ENU/>
7. AutoCAD Color Index. Режим доступу: <https://gohtx.com/acadcolors.php>.
8. Розробка структури типового паспорту під'їзних залізничних колій / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, В. В. Малашкін, М. А. Арбузов, І. Я. Скворон // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2017. – Вип. 14. – С. 42-49.

Надійшла до редколегії 10.06.2022.

Прийнята до друку 15.06.2022.

I. SKOVRON, Ye. DEMCHENKO, A. DOROSH, V. MALASHKIN

EFFICIENT USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES TO AUTOMATE THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE TECHNICAL DOCUMENTATION PREPARATION

Purpose. The article purpose is to analyze and solve the problem of intensification and automation of the graphic part preparing process of the transport infrastructure technical documentation for enterprises and structural divisions of rail and road transport. **Methodology.** It is important for solving the problem to single out from the numerous factors that affect on the drawing creation duration, those critical operations that take a significant

amount of time, and wherein are performed mainly manually. It allows to intensify these operations by replacing the maximum number of manual routine actions with their automated execution. When creating a graphical part of technical documentation for transport objects, such a critical operation is usually the actual process of preparing a number of drawings that require the construction of a large number of graphic elements that can be automated using basic knowledge of the MS Excel, the Autodesk AutoCAD design system, and the MS Word. **Results.** To illustrate the effectiveness of the intensification and automation of the technical documentation graphic part preparing process, statistical processing of expert estimates of the construction duration of the railway track longitudinal profile with a different number of elements and control points, which should be taken into account when drawing, was performed. **Practical significance.** Due to significant duration of some drawings creation the use of the described software package allows significantly speed up not only the process of preparing the graphic part of the technical documentation of the transport infrastructure, but also the process of creating an explanatory note.

Keywords: automation, technical documentation, scale drawings, software.

Для нотаток

Наукове видання

З Б І Р Н И К

**наукових праць
Дніпровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

*Випуск 23
(українською та англійською мовами)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 17328-6098Р від 14.10.2010 р. видане Міністерством юстиції України*

*Відповідальний за випуск М. І. Березовий
Комп'ютерне верстання В. В. Малашкін*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Формат 60x84¹/₈. Ум. друк. арк. 6,63. Тираж 100 пр. Зам. № _____

Віддруковано у видавництві Українського державного університету науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, кім. 1201, м. Дніпро, 49010, Україна

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.

*Адреса редакції та видавця:
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна
Тел.: +38 (056) 793-19-13, e-mail: n.berezovy@gmail.com
<http://tstt.diit.edu.ua>*