ISSN 3034-6681

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА»

ВЕСТНИК ДОНЕЦКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА

№1
2025

Научный журнал

Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Наземные транспортно-технологические средства и комплексы

Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

Эксплуатация автомобильного транспорта

Логистические транспортные системы

Выходит 4 раза в год
Издается с января 2004 г.

Майкоп
Донецк
2025

ВЕСТНИК
Донецкой академии транспорта

2025 **Научный журнал**

№1

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор журнала
И.П. Энглези, д-р техн. наук, доц., Донецкая академия транспорта (ДАТ), г. Донецк

И.В. Балабин, д-р техн. наук, проф., Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (МГТУ), г. Москва
А.Н. Блохин, канд. техн. наук, доц., Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Н. Новгород
Е.Е. Витвицкий, д-р техн. наук, проф., Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, г. Омск
В.М. Власов, д-р техн. наук, проф., Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва
Н.В. Володарец, канд. техн. наук, доц., заместитель главного редактора, ДАТ, г. Донецк
В.А. Глинский, канд. техн. наук, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова (СПбГУГА), г. Санкт-Петербург
М.В. Грязнов, д-р техн. наук, проф., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
В.В. Данилов, д-р техн. наук, проф., Донецкий государственный университет (ДонГУ), г. Донецк
К.Б. Евсеев, д-р техн. наук, доц., МГТУ, г. Москва
Д.Б. Ефименко, д-р техн. наук, проф., МАДИ, г. Москва
С.А. Зори, д-р техн. наук, доц., Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ), г. Донецк
Д.В. Капский, д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь
А.Б. Карташов, канд. техн. наук, МГТУ, г. Москва
В.Э. Клявин, д-р техн. наук, доц., заместитель главного редактора, ДАТ, г. Донецк
Г.О. Котиев, д-р техн. наук, проф., МГТУ, г. Москва
О.Н. Ларин, д-р техн. наук, проф., Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва
К.Н. Маренич, д-р техн. наук, проф., ДонНТУ, г. Донецк
Л.Б. Миротин, д-р техн. наук, проф., МАДИ, г. Москва
Н.И. Мищенко, д-р техн. наук, проф., Автомобильно-дорожный институт (филиал) Донецкого национального технического университета, г. Горловка
Д.Л. Мойся, канд. техн. наук., ДАТ, г. Донецк
В.Н. Павлыш, д-р техн. наук, проф., ДонНТУ, г. Донецк
Ю.И. Палагин, д-р техн. наук, проф., СПбГУГА, г. Санкт-Петербург
Н.В. Паламарчук, д-р техн. наук, проф., Донецкий институт железнодорожного транспорта (ДОНИЖТ), г. Донецк
А.Н. Полетайкин, канд. техн. наук, доц., Кубанский государственный университет, г. Краснодар
Ю.В. Прилепский, канд. техн. наук, доц., ДАТ, г. Донецк
В.М. Приходько, член-корреспондент Российской академии наук, д-р техн. наук, проф., МАДИ, г. Москва
И.Н. Пугачев, д-р техн. наук, доц., Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск
В.И. Сарбаев, д-р техн. наук, проф., Московский политехнический университет, г. Москва
А.В. Сацюк, канд. техн. наук, ДОНИЖТ, г. Донецк
В.В. Сильянов, д-р техн. наук, проф., МАДИ, г. Москва
А.И. Солодкий, д-р экон. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург
Н.А. Филиппова, д-р техн. наук, доц., МАДИ, г. Москва
М.Н. Чепцов, д-р техн. наук, проф., ДОНИЖТ, г. Донецк
Ю.В. Прилепский, канд. техн. наук, доц., ответственный секретарь, ДАТ, г. Донецк

https://journal.dat-dn.ru

За достоверность фактов, цифр, точность имен и фамилий несут ответственность авторы статей.
Материалы номера печатаются на языке оригинала.

Учредитель:	Адрес учредителя и редакции:
АНОО ВО «Донецкая академия транспорта»	283086, Донецкая Народная Республика, г.о. Донецк, г. Донецк, пр-кт Дзержинского, д. 7, тел. +7 (949) 3076242; e-mail: rector@dat-dn.ru
Издатель:	Адрес издателя:
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»	385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
АНОО ВО «Донецкая академия транспорта»	283086, Донецкая Народная Республика, г.о. Донецк, г. Донецк, пр-кт Дзержинского, д. 7

Издание публикуется с 2004 г.:
2004-2009 гг. – Вестник Донецкого института автомобильного транспорта
с 2010-2024 гг. – Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта
с 2025 г. – Вестник Донецкой академии транспорта

© АНОО ВО «Донецкая академия транспорта», 2025

VESTNIK
Doneckoj Akademii Transporta

2025 **Scientific Journal**

№1

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief
I.P. Englezi, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Donetsk Academy of Transport (ДАТ), Donetsk

I.V. Balabin, Professor, Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow
A.N. Blokhin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod
E.E. Vitvitskiy, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Siberian State Automobile and Road University, Omsk
V.M. Vlasov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow
N.V. Volodarets, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, deputy editor-in-chief, DAT, Donetsk
V.A. Glinsky, Candidate of Engineering Sciences, St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov (SPbGUGA), Saint Petersburg
M.V. Gryaznov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk
V.V. Danilov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Donetsk State University (DonGU), Donetsk
K. B. Evseev , Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, BMSTU, Moscow
D.B. Efimenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, MADI, Moscow
S.A. Zori, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Donetsk National Technical University (DonNTU), Donetsk
D.V. Kapski, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus
A.B. Kartashov, Candidate of Engineering Sciences, BMSTU, Moscow
V.E. Klyavin, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, deputy editor-in-chief, DAT, Donetsk
G.O. Kotiev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, BMSTU, Moscow
O.N. Larin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Russian University of Transport (MIIT), Moscow
K.N. Marenich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, DonNTU, Donetsk
L.B. Mirotin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, MADI, Moscow
N.I. Mishchenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Automobile and Road Institute (branch) Donetsk National Technical University, Gorlovka
D.L. Moisia, Candidate of Engineering Sciences, DAT, Donetsk
V.N. Pavlysh, Doctor of Engineering Sciences, Professor, DonNTU, Donetsk
Y.I. Palagin , Doctor of Engineering Sciences, Professor, SPbGUGA, Saint Petersburg
N.V. Palamarchuk, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Donetsk Institute of Railway Transport (DRTI), Donetsk
A.N. Poletaikin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kuban State University, Krasnodar
V.M. Prikhodko, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor, MADI, Moscow
I.N. Pugachev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Pacific State University, Khabarovsk
V.I. Sarbaev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Moscow Polytechnic University, Moscow
A.V. Satsiuk, Candidate of Engineering Sciences, DRTI, Donetsk
V.V. Silyanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, MADI, Moscow
A.I. Solodkiy, Doctor of Economic Sciences, Professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg
N.A. Filippova, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, MADI, Moscow
M.N. Cheptsov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, DRTI, Donetsk
Y.V. Prilepsky, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, executive secretary, DAT, Donetsk

https://journal.dat-dn.ru

The authors of the articles are responsible for the accuracy of facts, figures, and names.
The materials of the issue are printed in the original language.

The founder:	Address of the founder and editorial office:
Donetsk Academy of Transport	7, Dzerzhinsky ave., Donetsk city, Donetsk city district, Donetsk People's Republic, 283086; tel. +7 (949) 3076242; e-mail: rector@dat-dn.ru
Publisher:	Publisher's address:
Maikop State Technological University	191, Pervomayskaya str., Maykop, Republic of Adygea, 385000
Donetsk Academy of Transport	7, Dzerzhinsky ave., Donetsk city, Donetsk city district, Donetsk People's Republic, 283086

The publication has been published since 2004:

2004-2009	– Bulletin of the Donetsk Institute of Road Transport
2010-2024	– Bulletin of the Donetsk Academy of Road Transport
since 2025	– Bulletin of the Donetsk Academy of Transport

© Donetsk Academy of Transport, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ, СТАТИСТИКА

Сацюк А.В., Володарец Н.В., Крупский Д.И. Ускорение нейронной сети для работы БПЛА в режиме реального времени 6

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И КОМПЛЕКСЫ

Мойся Д.Л., Куплинов А.В., Гнидко Д.С, Елсуков Н.А. Об устойчивости движения модели седельного автопоезда 15

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СТРАНЫ, ЕЕ РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ТРАНСПОРТЕ

Беретарь Д.А., Шаповалова Н.Г. Влияние психофизиологических особенностей водителя на ДТП в городе Майкопе 29

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Ткачева Я.С. Проект станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса 41

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Глинский В.А. Ключевые элементы терминально-сетевой концепции синхромодальных перевозок 52

Требования к оформлению статей для публикации в научном журнале «Вестник Донецкой академии транспорта» 68

Условия и порядок публикации статей в научном журнале «Вестник Донецкой академии транспорта» 70

Краткая информация о научном журнале «Вестник Донецкой академии транспорта» 71

CONTENTS

SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING, STATISTICS

Satsuk A.V., Volodarets N.V., Krupskiy D.I. Acceleration of neural network for UAV operation in real time..... 6

GROUND TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL FACILITIES AND COMPLEXES

Moisia D.L, Kuplinov A.V., Gnidko D.S., Yelsukov N.A. On dynamic stability of model of tractor-lorry-trailer combination 15

TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF THE COUNTRY, ITS REGIONS AND CITIES, ORGANIZATION OF PRODUCTION IN TRANSPORT

Beretar D.A., Shapovalova N.G. Influence of psychophysiological characteristics of the driver on road accidents in the city of Maykop..... 29

OPERATION OF MOTOR TRANSPORT

Tkacheva Y.S. Project of a maintenance and repair station for passenger vehicles with a mobile car service function 41

LOGISTIC TRANSPORT SYSTEMS

Glinsky V.A. Key elements of the terminal network concept of synchromodal transportation..... 52

Requirements for the design of articles for publication in the scientific journal "Vestnik Doneckoj Akademii Transporta"..... 68

Conditions and procedure for the publication of articles in the scientific journal "Vestnik Doneckoj Akademii Transporta"..... 70

Brief information about the scientific journal "Vestnik Doneckoj Akademii Transporta"... 71

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ, СТАТИСТИКА

UDC 629.7.05:62-503.5

Satsuk A.V., Volodarets N.V., Krupskiy D.I.

ACCELERATION OF NEURAL NETWORK FOR UAV OPERATION IN REAL TIME

Abstract. *The study considers the adaptation of the YOLOv8m model for UAV object detection by applying INT8 quantization and structural pruning (50%), which significantly reduced the computational requirements. The optimized YOLOv8m-MODIFY variant is deployed on Raspberry Pi 5 and demonstrates a balance between processing speed and accuracy, while maintaining real-time performance. Practical tests confirmed the applicability of the method in field conditions, including resource-limited embedded systems.*

Keywords: *unmanned aerial vehicle, quantization, pruning, neural network model optimization, YOLO.*

Problem statement

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are increasingly used in a wide range of applications, including surveillance, delivery, search and rescue, and environmental monitoring. A key element of effective UAV operation is the ability to autonomously capture and track objects in real time. To implement this functionality, high-performance and energy-efficient computer vision systems are required.

One of the most promising approaches to solving this problem is the use of deep learning algorithms, in particular, YOLO (You Only Look Once) class models. YOLOv8, as one of the latest iterations of this architecture, demonstrates high results in object detection tasks, providing high accuracy and speed of image processing. However, integrating YOLOv8 onboard UAVs is a complex task due to limitations in computing resources and energy consumption.

UAVs equipped with microcomputers and low-power MIPI cameras have limited computing power and memory capacity. In such conditions, direct application of standard versions of YOLOv8 may result in unacceptably low frame rates, insufficient to ensure reliable acquisition and tracking of an object in dynamic flight conditions. Thus, there is a need to optimize the YOLOv8 architecture for efficient operation onboard UAVs with limited resources.

Analysis of recent research

An analysis of scientific publications shows that modern research in the field of UAV-based object detection is actively focused on optimizing YOLO algorithms [1], [2], [3], [4] to ensure high performance, reduce power consumption, and adapt to the limited computing resources of embedded platforms. Much attention is paid to the following areas: modifying the YOLO architecture, including creating lightweight versions and optimizing existing architectures to reduce computational costs while maintaining accuracy; using transfer learning with pre-trained YOLO models to speed up training and improve generalization ability, especially when working with limited data sets typical for UAV-based object detection tasks. The issue of optimization for specific platforms remains relevant, including adapting YOLO algorithms to the architecture of processors used in UAVs and to specialized hardware

accelerators. An important area is increasing the stability of models to changing lighting conditions and weather phenomena [5]. A number of studies [6], [7], [8], [9] provide a comparative analysis of various object detection algorithms (including YOLO) on real UAVs with an assessment of processing speed, accuracy, and energy consumption, which emphasizes the practical significance of this topic. The considered works also pay increasing attention to issues of model optimization taking into account energy consumption, which is especially relevant for UAVs with limited flight time. At the same time, complex optimization combining quantization, pruning, and adaptation to specific UAV operating conditions (including taking into account dynamic changes in computational load and aggressive data augmentation to improve stability) remained insufficiently studied. In the presented work, an approach aimed at filling this gap is proposed and its effectiveness is demonstrated in real UAV operating conditions.

The purpose of the work

The purpose of this work is to study the trade-off between detection accuracy, processing speed, and consumption of computing resources when adapting YOLOv8 to the task of UAV object capture. The results of this study will help to determine the optimal YOLOv8 architecture for autonomous object acquisition and tracking using UAVs, providing a balance between accuracy, speed and energy efficiency.

The main part

In this study, we evaluated the effectiveness of various methods for optimizing the YOLOv8 architecture for the tasks of capturing an object by an unmanned aerial vehicle. The study included several stages: the formation of a specialized dataset, training the basic neural network model, implementing optimization methods, and evaluating the performance of optimized models.

A specialized dataset was developed for training and subsequent performance evaluation of the model. It consists of 160 images of the target object obtained from the UAV camera in different lighting conditions and from different viewing angles. An important limitation is the presence of only one instance of the target object in the frame, which corresponds to the scenario of capturing and tracking a single target [10], [11]. The dataset is divided into training (80%) and validation (20%) samples. The images are marked using bounding boxes that define the position and size of the target object in the frame.

As a checkpoint, the basic YOLOv8m model was trained using the standard hyperparameters recommended by the developers: output image size 640x640, batch size 8, dynamic learning rate set within 0.00001-0.1. The training process was carried out on a computing cluster using NVIDIA GeForce GTX 1650 graphics processors. Training was monitored using the standard metrics box_loss, cls_loss, dfl_loss, Precision, Recall, mAP50 and mAP50-95.

box_loss – loss function that evaluates the accuracy of predicted bounding boxes around objects.

cls_loss – loss function that evaluates the accuracy of classifying objects against a common background.

dfl_loss – loss function used in YOLOv8 to improve bounding box prediction. This function focuses on training the model to more accurately predict the probability distribution of object boundary positions, especially in difficult cases (e.g., when objects overlap or in low light).

P (Precision) – function that shows the proportion of correctly detected objects among all objects predicted by the model as targets. The function characterizes the accuracy of the model.

R (Recall) – function that shows the proportion of correctly detected objects among all actual target objects in the dataset.

mAP50 (Mean Average Precision at IoU=0.5) – average precision value for all classes, calculated with a threshold of 0.5. mAP50-95 (Mean Average Precision at IoU from 0.5 to 0.95) – the average AP value calculated for different IoU thresholds, from 0.5 to 0.95 with a step of 0.05.

Data analysis (Figure 1) showed that after 60 epochs, metrics stabilized, and further increases in the number of epochs did not significantly improve the training results.

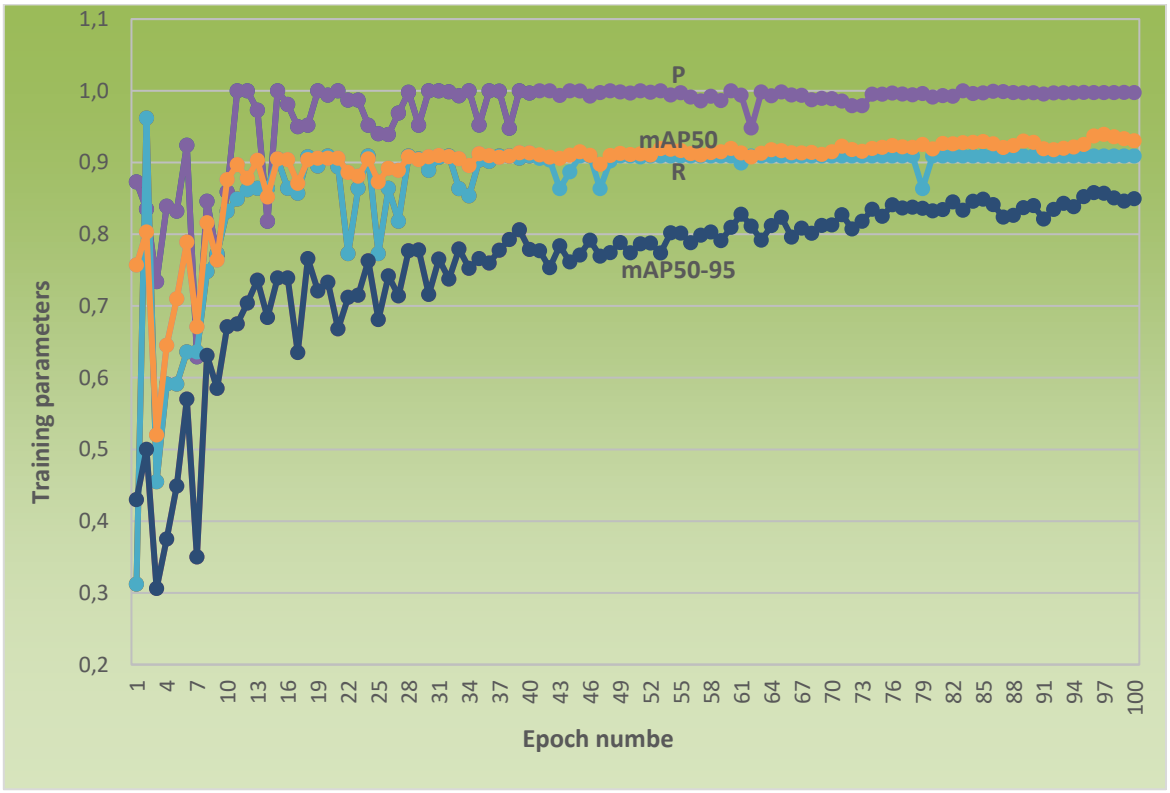


Figure 1. The process of training the YOLOv8m neural network

As a result of training the YOLOv8m model on our own dataset, we obtained the YOLOv8m-Drone model.

In this study, to adapt YOLOv8m-Drone to the limited computing resources of UAVs, the following optimization methods were implemented to reduce the computational complexity of the model without significant loss of detection accuracy:

1. Quantization. Quantization consists of converting the weights and activations of the neural network from a floating-point format (usually FP32 or FP16) to a fixed-point format (for example, INT8 or INT4). This allows us to significantly reduce the amount of memory required to store the model and speed up calculations, since integer operations are faster and more energy efficient on most hardware platforms used in embedded systems (microcomputers).

In this study, we used the Quantization Aware Training (QAT) technique implemented using the PyTorch library. QAT involves training a model taking into account the effects of quantization. During the training process, operations simulating quantization and dequantization are added to the model, which allows the network to adapt to a limited range of values and minimize accuracy losses.

With INT8, weight and activation quantizations were quantized to an 8-bit integer format. This provides a good compromise between reducing the model size and maintaining accuracy.

With INT4, weight and activation quantizations were quantized to a 4-bit integer format. This allowed us to further reduce the model size and increase the computation speed, but required more careful tuning of the training parameters to compensate for the loss of accuracy.

Thus, in this study, YOLOv8m-Drone quantization allowed us to convert the model weights and activations to an integer format (INT8 and INT4), significantly reducing the model size and increasing the processing speed on a microcomputer. In this case, the use of INT4 quantization provided the greatest increase in FPS, but was accompanied by a slight decrease in object detection accuracy. The resulting quantized models demonstrate the suitability of YOLOv8m-Drone for efficient deployment on embedded platforms with limited computing resources.

2. Pruning. As part of the YOLOv8m-Drone optimization study for UAV tasks, pruning was used as a method to reduce the computational complexity of the model by removing redundant or insignificant connections.

The project used the weight pruning method, which consists of zeroing the weights with the smallest absolute value. This method is easy to implement and quite effective for reducing the size of the model. To simplify the pruning process and manage it, the SparseML library was used. SparseML provides tools for applying various pruning techniques, as well as for evaluating and retraining the model after pruning.

Pruning was not applied once, but was performed iteratively. After each iteration of zeroing the weights, the model was retrained on the training dataset. This made it possible to restore some of the lost accuracy and compensate for the negative impact of pruning.

The key parameter of pruning is the sparsity level, which determines the proportion of weights that will be zeroed. The study tested two levels of sparsity: 50% and 75%.

The 50% of weights with the smallest absolute value were zeroed. This provided a moderate reduction in model size and an increase in speed, with a relatively small decrease in accuracy.

Also, 75% of the weights with the smallest absolute value were zeroed. This led to a more significant reduction in model size and an increase in speed, but required more careful retraining to maintain an acceptable level of accuracy.

After each iteration of pruning and retraining, the model performance was assessed on the validation dataset. The metrics measured were Precision, Recall, mAP50, mAP50-95, as well as FPS and power consumption on the Raspberry Pi 5 platform.

The implementation of pruning in this study significantly reduced the model size of YOLOv8m and improved the inference speed on Raspberry Pi 5 by zeroing the least significant weights. Increasing the sparsity level resulted in greater model size reduction and speedup, but required more careful retraining to minimize accuracy loss. Thus, pruning is an effective optimization technique that requires a trade-off between the sparsity level and the retraining effort to achieve the optimal trade-off between model size, speed, and accuracy in UAV object acquisition tasks.

This study presents a comprehensive analysis of optimization techniques for deploying the YOLOv8m-MODIFY model on the Raspberry Pi 5 platform. It focuses on quantization (INT8 and INT4) and pruning (50% and 75%) techniques, evaluating the performance on the following metrics: model size, detection accuracy (Precision, Recall, mAP50, mAP50-95), inference speed (FPS and latency), and power consumption.

The baseline YOLOv8m-MODIFY model (5.94 MB) demonstrates 0.94 Precision, 0.89 Recall, 0.92 mAP50, and 0.82 mAP50-95 at 6.6 FPS (152 ms latency) and 2.5 W power consumption. The comparative analysis showed that the combined use of INT8 quantization with 50% pruning provides optimal performance: the model size is reduced to 1.56 MB (3.8x

compression) while maintaining acceptable accuracy (0.91 Precision, 0.87 Recall, 0.90 mAP50, 0.80 mAP50-95). This configuration demonstrates a significant improvement in computational efficiency - 26.4 FPS (38 ms latency) with a power consumption of 2.0 W, which corresponds to a 4x speedup and a 20% reduction in power consumption compared to the baseline model.

Using only INT8 quantization provides a 3x speedup (19.8 FPS) with a model size of 3.12 MB, while only 50% pruning provides a 1.5x speedup (9.9 FPS) while maintaining the accuracy at the level of the baseline model (mAP50 = 0.91). More aggressive optimization methods, including INT4 quantization and 75% pruning, provide higher model compression (up to 1.56 MB), but are accompanied by a significant decrease in accuracy (mAP50 = 0.88 and 0.87, respectively) and a less pronounced speedup (9.8 FPS and 9.1 FPS).

The obtained results indicate that the combined INT8 quantization strategy with 50% pruning provides the best balance between model efficiency and detection quality for real-time UAV tasks. The achieved 4-fold increase in inference speed (from 6.6 to 26.4 FPS) and the corresponding decrease in latency (from 152 ms to 38 ms) satisfy the critical requirements for real-time detection systems on resource-constrained airborne platforms, while maintaining an acceptable level of accuracy for practical use.

The accuracy penalty when using YOLOv8m-Optimized-Drone (INT8 + Prune 50%) is insignificant (less than 3%) and may be acceptable depending on the specific application. For most object detection tasks where real-time processing speed is important, a small decrease in accuracy is well worth the significant increase in FPS and reduction in latency (Figure 2). For example, in video surveillance systems where rapid detection of potential threats is required, or in drone control systems where prompt response is important, processing speed is prioritized over maximum accuracy. At the same time, further reduction of the model size by using INT4 quantization or 75% pruning leads to an excessive decrease in accuracy, which may be unacceptable for many applications. Therefore, given the achieved balance between model size, accuracy and processing speed, YOLOv8m-Optimized-Drone (INT8 + Prune 50%) seems to be an optimal choice for deployment on Raspberry Pi 5 for real-time object detection tasks. Further increase in accuracy would require the use of heavier models, which would result in an unacceptable decrease in performance on an embedded platform.

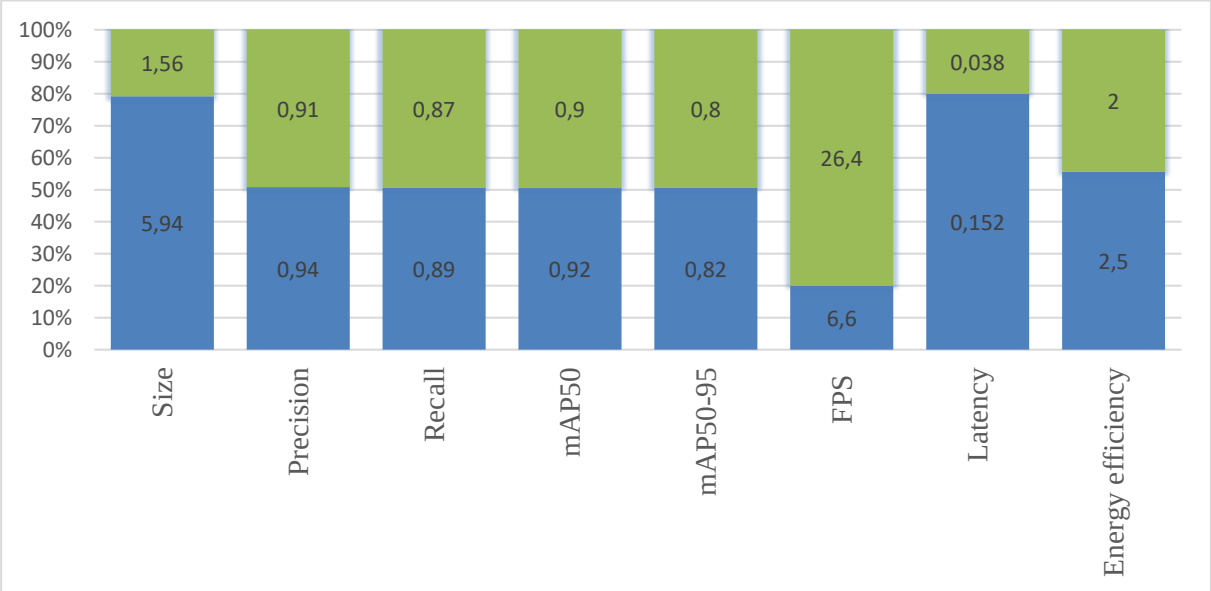


Figure 2. Impact of YOLOv8m-MODIFY Model Optimization on Performance

Conclusions

This paper presents a systematic study of optimization methods for the YOLOv8m model for deployment on the embedded Raspberry Pi 5 platform. It is focused on object detection using unmanned aerial vehicles. The results obtained during field tests using UAVs in real conditions confirmed the effectiveness of the proposed approach. Significant progress in model optimization has been achieved, as evidenced by the YOLOv8m-Optimized-Drone (INT8 + Prune 50%) model. It provides a significant reduction in model size and latency with a slight loss in accuracy, making it optimal for real-time detection tasks under limited UAV resources.

Further development includes the study of adaptive optimization methods that take into account dynamic changes in computational load and external conditions during a UAV flight, as well as the study of more aggressive data augmentation methods to improve the model's robustness to variability in survey conditions and improve the generalization ability. In addition, it is planned to study the possibility of integrating the model with other UAV sensors to improve the accuracy and reliability of detection.

References

1. Xiaoming, S. Improved YOLOv5-based algorithm for detecting ragweed in images obtained using UAVs / S. Xiaoming, S. Tianzeng, M. Haoming, Z. Ziqi, V. Dehua, S. Jianchao, V. Jun // Front. Plant Sci. – 2021. – Vol. 15. – P. 1360419. – DOI: 10.3389/fpls.2024.1360419.

2. Zhang H. et al. ATS-YOLOv7: A real-time multi-scale object detection method for UAV aerial images based on improved YOLOv7 //Electronics. – 2023. – T. 12. – №. 23. – P. 4886. – DOI: 10.3390/electronics12234886.

3. Satsiuk, A.V. Evaluation of the effectiveness of YOLO algorithms for detecting objects in real time in embedded systems of unmanned vehicles / A.V. Satsyuk, R. V. Bely, A. E. Ishchenko // Collection of scientific papers of the Donetsk Institute of Railway Transport. – 2024. – № 4(75). – Pp. 73-82. – ISSN 1993-5579.

4. Redmon, J. A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger / J. Redmon, A. Farhadi // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2017. – arXiv:1612.08242v1.

5. Satsiuk, A.V. Analysis of computer vision algorithms trackers in tracking moving objects in a video stream / A.V. Satsyuk, E. G. Voevoda // Collection of scientific papers of the Donetsk Institute of Railway Transport. – 2023. – No. 71. – pp. 54-65. – ISSN 1993-5579.

6. Scholle, F. Programmer's Library. JavaScript for deep learning / F. Scholle, E. Nilson, S. Baileschi, S. Tsei. – St. Petersburg: Peter, 2021. – 576 p. – ISBN 978-5-4461-1697-3.

7. Jocher, G. YOLOv8. Ultralytics. Официальный репозиторий YOLOv8 [Электронный ресурс] / G. Jocher, A. Stoken, A. Chaly, H. Chang, A. Hogan, H. Yu, Y. Nano. – 2023. – URL: https://github.com/ultralytics/ultralytics (дата обращения: 07.02.2025).

8. Zheng, Z. Enhancing Geometric Factors in Model Learning and Inference for Object Detection and Instance Segmentation / Z. Zheng, P. Wang, D. Ren, W. Liu, R. Ye, Q. Hu, W. Zuo // Transactions on Cybernetics. – DOI: 10.1109/TCYB.2021.3095305.

9. Liu, B. An Efficient UAV-Based Aerial Image Object Detection Method via Improved YOLOv4 / B. Liu, X. Li, G. Wang, W. Zhang, J. Tang // Remote Sensing. – 2023. – T. 12, № 21. – P. 3599. – DOI: 10.1109/SIU53274.2021.9478027.

10. Satsiuk, A.V. Features of the development of unmanned aerial vehicles for the railway transport industry / A.V. Satsyuk, A. A. Vorobyov // Collection of scientific papers of the Donetsk Institute of Railway Transport. - 2023. – No. 68. – pp. 13-21.– ISSN 1993-5579.

11. Satsyuk, A.V. Autonomous guidance of UAVs using computer vision: the problem of precise steering / A.V. Satsyuk, D. V. Shvalov // Automation in transport. - 2024. – Vol. 10, No. 4. – pp. 372-381.– DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-04-372-381.

12. Lalak, M. Automated Detection of Atypical Aviation Obstacles from UAV Images

Using a YOLO Algorithm / M. Lalak, D. Wierzbicki // Sensors (Basel). – 2022. – Т. 22, № 17. – P. 6611. – DOI: 10.3390/s22176611. – PMID: 36081077; PMCID: PMC9460069.

Список литературы

1. Сяомин, С. Улучшенный алгоритм на основе YOLOv5 для обнаружения амброзии полыннолистной на изображениях, полученных с помощью БПЛА / С. Сяомин, С. Тяньцзэн, М. Хаомин, З. Цзыци, В. Дэхуа, С. Цзяньчао, В. Цзюнь // Front. Plant Sci. – 2021. – Т. 15. – С. 1360419. – DOI: 10.3389/fpls.2024.1360419.

2. Zhang H. et al. ATS-YOLOv7: A real-time multi-scale object detection method for UAV aerial images based on improved YOLOv7 //Electronics. – 2023. – Т. 12. – №. 23. – P. 4886. – DOI: 10.3390/electronics12234886.

3. Сацюк, А. В. Оценка эффективности алгоритмов YOLO для обнаружения объектов в реальном времени во встраиваемых системах беспилотных транспортных средств / А. В. Сацюк, Р. В. Белый, А. Е. Ищенко // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2024. – № 4(75). – С. 73-82. – ISSN 1993-5579.

4. Redmon, J. A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger / J. Redmon, A. Farhadi // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2017. – arXiv:1612.08242v1.

5. Сацюк, А. В. Анализ трекеров алгоритмов компьютерного зрения в вопросах отслеживания подвижных объектов в видеопотоке / А. В. Сацюк, Е. Г. Воевода // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2023. – № 71. – С. 54-65. – ISSN 1993-5579.

6. Шолле, Ф. Библиотека программиста. JavaScript для глубокого обучения / Ф. Шолле, Э. Нильсон, С. Бэйлесчи, Ш. Цэй. – СПб.: Питер, 2021. – 576 с. – ISBN 978-5-4461-1697-3.

7. Jocher, G. YOLOv8. Ultralytics. Официальный репозиторий YOLOv8 [Электронный ресурс] / G. Jocher, A. Stoken, A. Chaly, H. Chang, A. Hogan, H. Yu, Y. Nano. – 2023. – URL: https://github.com/ultralytics/ultralytics (дата обращения: 07.02.2025).

8. Zheng, Z. Enhancing Geometric Factors in Model Learning and Inference for Object Detection and Instance Segmentation / Z. Zheng, P. Wang, D. Ren, W. Liu, R. Ye, Q. Hu, W. Zuo // Transactions on Cybernetics. – DOI: 10.1109/TCYB.2021.3095305.

9. Liu, B. An Efficient UAV-Based Aerial Image Object Detection Method via Improved YOLOv4 / B. Liu, X. Li, G. Wang, W. Zhang, J. Tang // Remote Sensing. – 2023. – Т. 12, № 21. – P. 3599. – DOI: 10.1109/SIU53274.2021.9478027.

10. Сацюк, А. В. Особенности разработки беспилотных летательных аппаратов для отрасли железнодорожного транспорта / А. В. Сацюк, А. А. Воробьев // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2023. – № 68. – С. 13-21. – ISSN 1993-5579.

11. Сацюк, А. В. Автономное наведение БПЛА с использованием компьютерного зрения: проблема точного управления рулями / А. В. Сацюк, Д. В. Швалов // Автоматика на транспорте. – 2024. – Т. 10, № 4. – С. 372-381. – DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-04-372-381.

12. Lalak, M. Automated Detection of Atypical Aviation Obstacles from UAV Images Using a YOLO Algorithm / M. Lalak, D. Wierzbicki // Sensors (Basel). – 2022. – Т. 22, № 17. – С. 6611. – DOI: 10.3390/s22176611. – PMID: 36081077; PMCID: PMC9460069

Сацюк А.В., Володарец Н.В., Крупский Д.И.

УСКОРЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАБОТЫ БПЛА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Аннотация. *В исследовании рассматривается адаптация модели YOLOv8m для детектирования объектов с борта БПЛА путём применения квантования в INT8 и структурного прунинга (50%), что позволило существенно сократить вычислительные требования. Оптимизированный вариант YOLOv8m-MODIFY развёрнут на Raspberry Pi 5 и демонстрирует баланс между скоростью обработки и точностью, сохраняя работоспособность в реальном времени. Практические испытания подтвердили применимость метода в полевых условиях, включая ограниченные ресурсы встраиваемых систем.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, квантование, прунинг, оптимизация нейросетевой модели, YOLO.*

Сведения об авторах:

Сацюк Александр Владимирович
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий институт железнодорожного транспорта» (ДОНИЖТ), г. Донецк,
доцент кафедры «Автоматика, телемеханика, связь и вычислительная техника»,
кандидат технических наук,
e-mail: alexandrsatsuk@gmail.com

Володарец Никита Витальевич
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Донецкая академия транспорта», г. Донецк,
проректор по научно-педагогической работе,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru

Крупский Денис Иванович
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий институт железнодорожного транспорта» (ДОНИЖТ), г. Донецк
магистрант,
e-mail: deniskrup00@gmail.com

Information about the authors:

Satsuk Alexander Vladimirovich
Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Donetsk Railway Transport Institute” (DRTI), Donetsk,
Associate Professor of Department of Automation, Telemechanics, Communications and Computer Engineering,
Candidate of Technical Sciences,
e-mail: alexandrsatsuk@gmail.com

Volodarets Nikita Vitalevich
Autonomous non-profit educational organization of higher education «Donetsk academy of transport», Donetsk
Vice-rector for Scientific and Pedagogical Work,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru

Krupskiy Denis Ivanovich
Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Donetsk Railway Transport Institute” (DRTI), Donetsk
Master's student,
e-mail: deniskrup00@gmail.com

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И КОМПЛЕКСЫ

UDC 629.7.05:62-503.5

Moisia D.L, Kuplinov A.V., Gnidko D.S., Yelsukov N.A.

ON DYNAMIC STABILITY OF MODEL OF TRACTOR-LORRY-TRAILER COMBINATION

Abstract. *The article deals with the mobility and stability of the model of tractor-lorry-trailer combination, it consists of a two-axle tractor and a single-axle semitrailer, and its possible stationary states with fixed steering. A feature of this research is the study of a nonlinear mathematical model of a two-link of tractor-lorry-trailer combination. The set of steady-state conditions of movement of the model of the tractor-lorry-trailer combination was determined on the basis of the developed mathematical model; it provides the necessary mobility for the passage of the circular overall traffic lane. The range of stable steady-state condition of the road train was limited and the character of loss of stability of direct motion of the road train (divergent, flutter) is checked. The phase portraits of the system are constructed at different speeds, which allow us to estimate the range of attraction of direct motion. Stability issues are considered, namely the influence of the control parameters (θ, v) on the stability or instability.*

Ключевые слова: *Dynamic Stability, Mobility, Model of Tractor-lorry-trailer Combination, Steady-state Condition.*

Problem statement

Fast and economical delivery of indivisible wide loads in many industries is becoming increasingly important. Road trains play a major role in solving this problem. Their operation can be complicated by design features, first of all, limited maneuverability of long-measuring road trains in restricted urban conditions [1–6].

In this case, a double (two-trailer) road train is considered; it consists of a leading link (tractor) and a driven link (semitrailer).

Analysis of recent research

The mathematical model of the canonical road train is an object of research by many authors, where the results of analysis of linearized models are mainly presented [7, 8].

The specificity of this paper is the study of a nonlinear mathematical model of a double road train; to find possible rearrangements of the road train configuration in different initial disturbances of phase variables; this requires non-standard analysis methods (construction of phase portrait and evaluation of the domain of attraction of stable steady-state regimes).

The purpose of the work

The purpose of the paper is as follows:

a) Investigate the manoeuvrability and stability of the model of a double road train

b) Determine a set of stationary traffic conditions, which provides the necessary manoeuvrability by passing a circular overall lane

c) Estimate domains of attraction for a stable steady-state regime
d) Check the type of stability loss in direct motion (divergent, flutter).

The main part

1. Construction of a mathematical model for semi-trailer truck motion.

For the most complete description and research of possible stationary states of a semi-trailer truck (Figure 1) with rigid steering is necessary to choose a suitable mathematical model and applicable state variables (Figure 2).

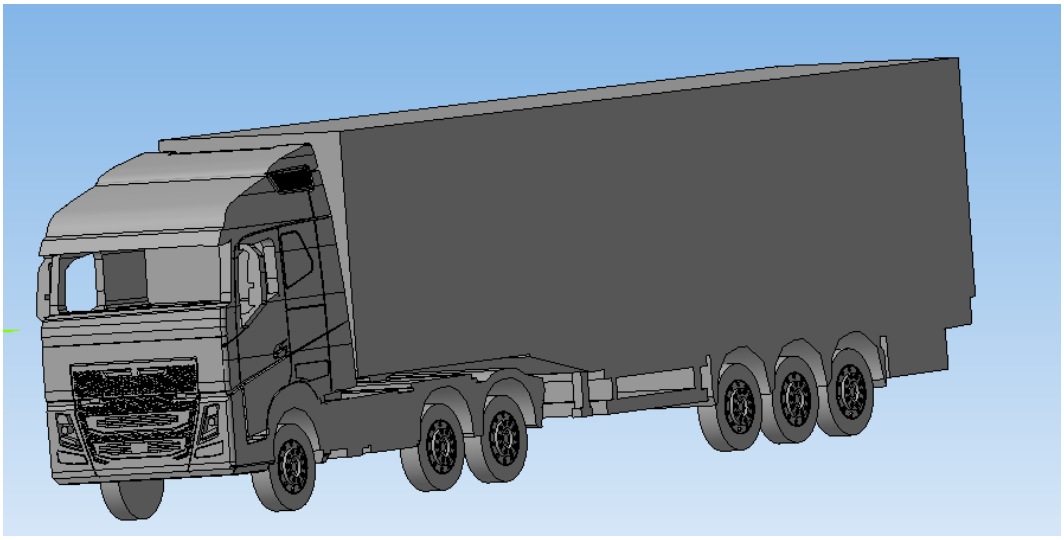


Figure 1. A model of semi-trailer truck

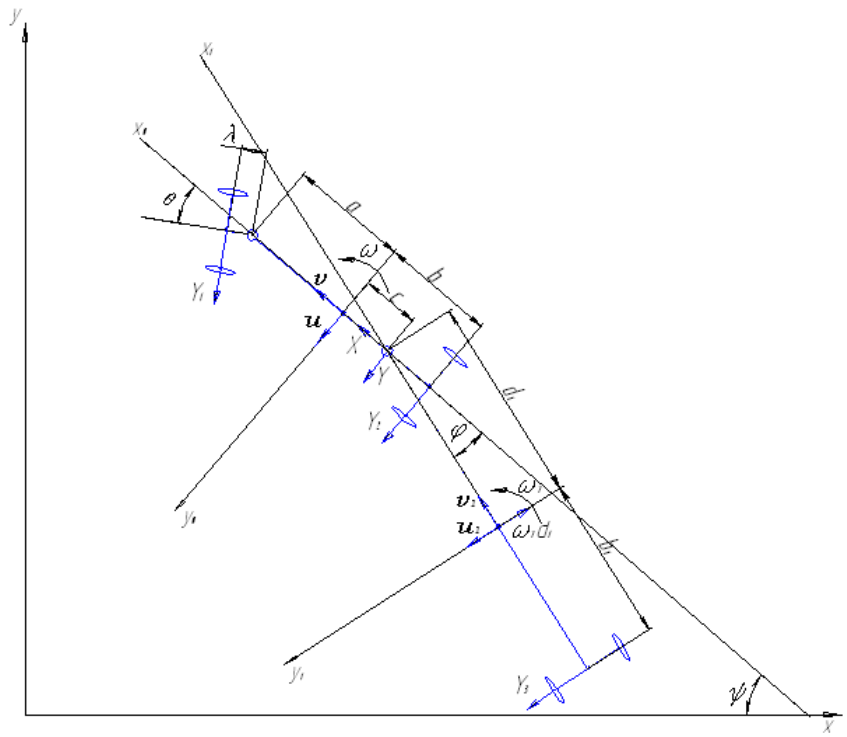


Figure 2. Traffic plan of semi-trailer truck

The front axle of the tractor can be turned by an angle θ. The connection between the links is carried out by a cylindrical hinge, which allows free relative rotation of the links in the plane of motion.

The configuration of each link is described by coordinates x_i and y_i, its center-of-mass C_i and course angle ψi (it is enclosed between the longitudinal axis of the corresponding link and the X-axis of the fixed coordinate system).

Systems parameter:

v – longitudinal velocity component of the center of mass of the tractor;

a; b – distance from the center of mass of the tractor to the attachment point of the front and back axles of the tractor;

c – distance from the center of mass of the tractor to the hitch point with the back link;

d_1 – distance from the center of mass of the back link to hitch point;

2K – overall width of the road train;

k_f – friction coefficient;

k_1, k_2, k_3 – the factors of lateral skid on the axes;

χ_1, χ_2, χ_3 – adhesion factors in determining the force of lateral skid;

θ – assignable wheels turning angle of the subordinate module;

Y_1, Y_2, Y_3 – lateral reaction of the highway area.

Denote by C, C_1 (mass centers of tractor and semitrailer), m, m_1 (masses of tractor and semitrailer), I, I_1 (central moments of inertia about vertical axes), $\omega=\dot{\psi}$, $\omega_1=\dot{\psi}_1$ (absolute angular velocities of the driving and driven links), φ (angle of folding, it is enclosed between the longitudinal axes of the tractor and semitrailer).

Then

$$\omega_1 = \omega - \dot{\varphi}.$$

We set the absolute velocities of the points C, C_1 by resolution theirs along the axes of the corresponding bases:

$$\begin{aligned} &v_C = i\cdot v + j_0 u, && v_{C1} = i_1\cdot v_1 + j_1 u_1,\\ &v = \dot{x}\cdot\cos\psi + \dot{y}\cdot\sin\psi, && u = -\dot{x}\cdot\sin\psi + \dot{y}\cdot\cos\psi, \qquad (1)\\ &v_1 = v\cdot\cos\varphi - (u-\omega\cdot c)\cdot\sin\varphi, && u_1 = v\cdot\sin\varphi + (u-\omega\cdot c)\cdot\cos\varphi. \end{aligned}$$

The differential equation system of motion of semi-trailer truck describes the variation of phase variables (u, ω ,φ, Φ): u – cross speed of the center of mass of the tractor (quasi-velocity), U – its derivative in the moving coordinates; ω – angular acceleration relative to the vertical axis; Φ – velocity of jack-knifing angle φ.

Among the different theories of rolling of elastically deformable wheels, axiomatic has become more widespread, according to which the lateral reaction Y_i of the highway area, it is applied in the tooth bearing center of the rolling elastic wheel, it is a function of slip angle δ_i.

The reduced angles of lateral skid of wheel axles are given by expressions

$$\begin{aligned} &\delta_1 = \theta - arctg\frac{(u+a\omega)}{v};\\ &\delta_2 = arctg\frac{-u+b\omega}{v}; \qquad (2)\\ &\delta_3 = arctg\frac{-u_1+b_1\omega_1}{v_1}. \end{aligned}$$

The dependences of forces of lateral skid are of empirical origin [1] and can be approximated by expressions (the strictly increasing function is a rate of curve of saturation):

$$Y_i = k_i\delta_i / \sqrt{(1+(k_i\delta_i / \chi_i Z_i)^2}\ , \tag{3}$$

where Z_i – reaction of bearing area on the axes.

We neglect the redistribution of normal reactions between the lateral wheels and will consider the lateral wheels of each axis replaced by one reduced wheel centered with centre in the middle of the axis:

Then

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{1}{l}[mgb - m_2 g\frac{b_1}{L_1}(c-b)]; \\ Z_2 &= \frac{1}{l}[mga + m_2 g\frac{b_1}{L_1}(c+a)]; \\ Z_3 &= m_2 g\frac{d_1}{L_1};\ \ l = a+b;\ L_1 = d_1 + b_1\ . \end{aligned} \tag{4}$$

1.1. The derivation of the system of equations in the normal form of Cauchy

The derivation of the differential equations of the plane-parallel motion of a semi-trailer truck is performed by the cutset method [3].

Using the cutset method, we get the following equations of plane-parallel motion, which in axial projections are invariably associated with links for the tractor and semitrailer, respectively:

a) the motion equations of the tractor

$$\begin{aligned} &m\cdot(V - u\cdot\omega) - X + Y_1\cdot\sin\theta = 0; \\ &m\cdot(U + v\cdot\omega) - Y - Y_1\cdot\cos\theta - Y_2 = 0; \\ &J\cdot\Omega + Y\cdot c - Y_1\cdot a\cdot\cos\theta + Y_2\cdot b = 0; \end{aligned} \tag{5}$$

b) the motion equations of the trailer

$$\begin{aligned} &m_1\cdot(V_1 - u_1\cdot\omega_1) + X\cdot\cos\varphi - Y\cdot\sin\varphi = 0; \\ &m_1\cdot(U_1 + v_1\cdot\omega_1) + X\sin\varphi + Y\cdot\cos\theta - Y_3 = 0; \\ &J_1\cdot\Omega_1 + X\cdot d_1\cdot\sin\varphi + Y\cdot d_1\cdot\cos\varphi + Y_3\cdot b_1 = 0. \end{aligned} \tag{6}$$

We eliminate the internal forces X, Y of the interaction of subsystems from equations (5) and (6), and we get the system of nonlinear differential equations (7):

a) with variable quantity v:

$$\begin{aligned} &m\cdot(V - u\cdot\omega) - Y_3\cdot\sin\varphi + m_1\cdot d_1\cdot PP\cdot\sin\varphi - m_1\cdot d_1\cdot\Omega\cdot\sin\varphi + m_1\cdot d_1\cdot\Phi^2\cdot\cos\varphi - \\ &- 2\cdot m_1\cdot d_1\cdot\Phi\cdot\omega\cdot\cos\varphi + m_1\cdot d_1\cdot\omega^2\cdot\cos\varphi + \omega\cdot u\cdot m_1 + V\cdot m_1 + \omega^2\cdot m_1\cdot c + Y_1\cdot\sin\theta = 0; \end{aligned}$$

b) with variable quantity u:

$$\begin{aligned} &m\cdot(U + v\cdot\omega) + 2\cdot m_1\cdot d_1\cdot\Phi\cdot\omega\cdot\sin\varphi - m_1\cdot d_1\cdot\Phi^2\cdot\sin\varphi - m_1\cdot d_1\cdot\omega^2\cdot\sin\varphi - m_1\cdot d_1\cdot\Omega\cdot\cos\varphi + \\ &+ m_1\cdot d_1\cdot PP\cdot\cos\varphi + U\cdot m_1 - Y_3\cdot\cos\varphi - \Omega\cdot m_1\cdot c + \omega\cdot v\cdot m_1 - Y_1\cdot\cos\theta - Y_2 = 0; \end{aligned} \tag{7}$$

c) with variable quantity ω:

$$J\cdot\Omega-\left(2\cdot m_1\cdot d_1\cdot\Phi\cdot\omega\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\Phi^2\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\omega^2\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\Omega\cdot\cos\varphi\right)\cdot c+$$
$$+\left(m_1\cdot d_1\cdot PP\cdot\cos\varphi+U\cdot m_1-Y_3\cdot\cos\varphi-\Omega\cdot m_1\cdot c+\omega\cdot v\cdot m_1\right)\cdot c-Y_1\cdot a\cdot\cos\theta+Y_2\cdot b=0;$$

d) with jack-knifing angle:

$$J_1\cdot(\Omega-PP)+\left(Y_3\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot PP\cdot\sin\varphi+m_1\cdot d_1\cdot\Omega\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\Phi^2\cdot\cos\varphi\right)\cdot d_1\cdot\sin\varphi+$$
$$+\left(2\cdot m_1\cdot d_1\cdot\Phi\cdot\omega\cdot\cos\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\omega^2\cdot\cos\varphi+\omega\cdot u\cdot m_1-V\cdot m_1-\omega^2\cdot m_1\cdot c\right)\cdot d_1\cdot\sin\varphi-$$
$$-\left(2\cdot m_1\cdot d_1\cdot\Phi\cdot\omega\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\Phi^2\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\omega^2\cdot\sin\varphi-m_1\cdot d_1\cdot\Omega\cdot\cos\varphi\right)\cdot d_1\cdot\cos\varphi+$$
$$+\left(m_1\cdot d_1\cdot PP\cdot\cos\varphi+U\cdot m_1-Y_3\cdot\cos\varphi-\Omega\cdot m_1\cdot c+\omega\cdot v\cdot m_1\right)\cdot d_1\cdot\cos\varphi+Y_3\cdot b_1=0.$$

Consider a uniform motion. Then v=const therefore V=0. We substitute into the system of equations (7) the value V = 0 and solve it relative to the higher derivative (U, PP, Ω), where PP – angular acceleration of driven link relative to the vertical axis.

We get a system of equations in the normal form of Cauchy (8):

$$\begin{aligned}U&=U(u,\omega,\varphi,\Phi);\\ \Omega&=\Omega(u,\omega,\varphi,\Phi);\\ PP&=PP(u,\omega,\varphi,\Phi).\end{aligned}\qquad(8)$$

2. Results of numerical analysis of the mathematical model of the road train

Applying the numerical methods of integration in the Maple package, we get the following results of the numerical analysis of the mathematical model of a road train:

2.1. Locating a road train in circular steady-state conditions of motion.

Circular trajectories of all points of a double road train on a road plane meet the stationary solutions (that is, the equilibrium state, singular points and rest points) $\omega = const$, $u = const$, $\varphi = const$ of the system with $v = const$ and $\theta = const$.

Setting system parameters:

m=6500 kg; m_2=36500 kg; a=0.4 m; b=3.2 m; c=2.7 m; b_1=2.8 m; d_1=5.4 m;

v=4.5 m/s; θ=0.38; k_1=160000 H; k_2=326000 H; k_3=365000 H;

J=0.35·m·a·b (kg·m^2); J_2=0.8·m_1·d_1·b_1 (kg·m^2); χ_i =0.8; K=1.5 m.

The given parameters and values of the control parameters v and θ are substituted into the systems of equations (8), we solve and obtain the following results.

So the circular steady-state conditions corresponds to the values of v = 4.8 m/s and θ = 0.42 rad; the trajectory of the tractor's center-of-gravity motion in the plane of the road and the position of the tractor is shown in Figure 3.

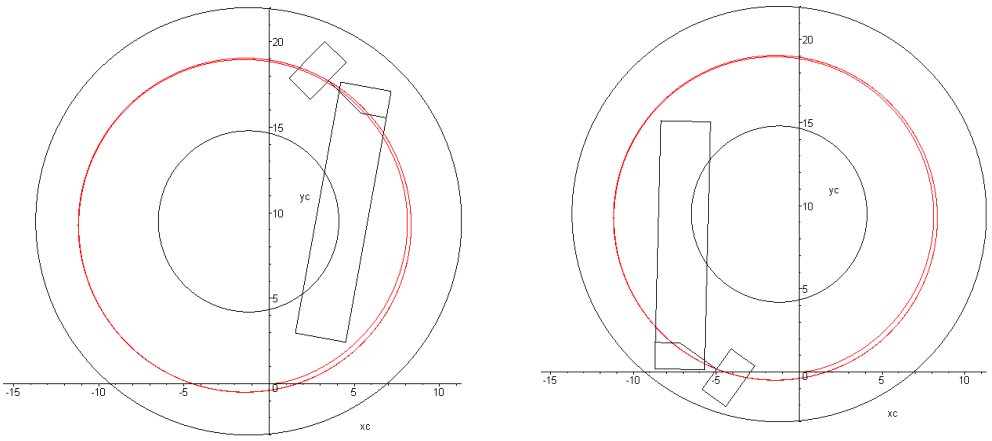


Figure 3. Trajectory of the tractor's center-of-gravity motion in the plane of the road
(v = 4.8 m/s and θ = 0.42 rad)

We obtain a circular stationary regime with v = 5 m/s and θ = 0.36 rad, which is shown in Figure 4.

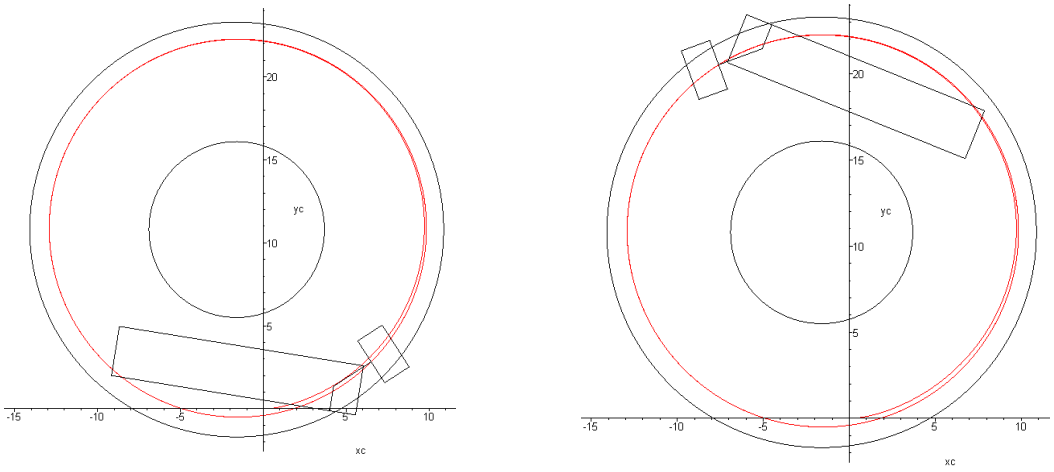


Figure 4. Trajectory of the tractor's center-of-gravity motion in the plane of the road
(v = 5 m/s and θ = 0.36 rad)

The attitude of the road train is shown when moving along a circular corridor in Figures 3 and 4, limiting dimensions of which correspond to the EU standards. It is seen that for the given control parameters, in the first case the semitrailer, and in the second case the tractor and semitrailer go out of the dimensions of the corridor.

Thus, there are values of v and θ at which the road train will pass a circular corridor, fitting in its dimensions.

Control parameters were selected by the method of progressive approximation v = 4.8 m/s and θ = 0.38 rad, which corresponds to a circular steady-state condition with a trajectory. It is shown in Figure 5.

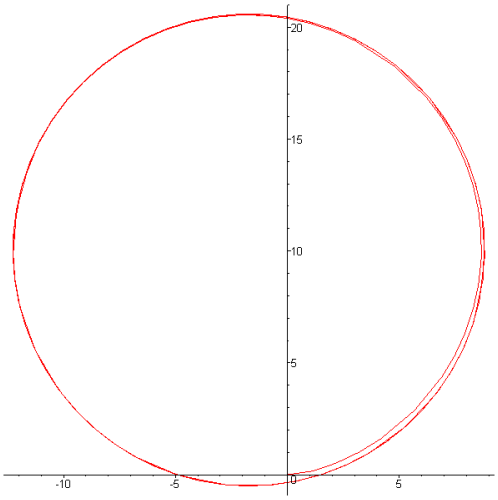
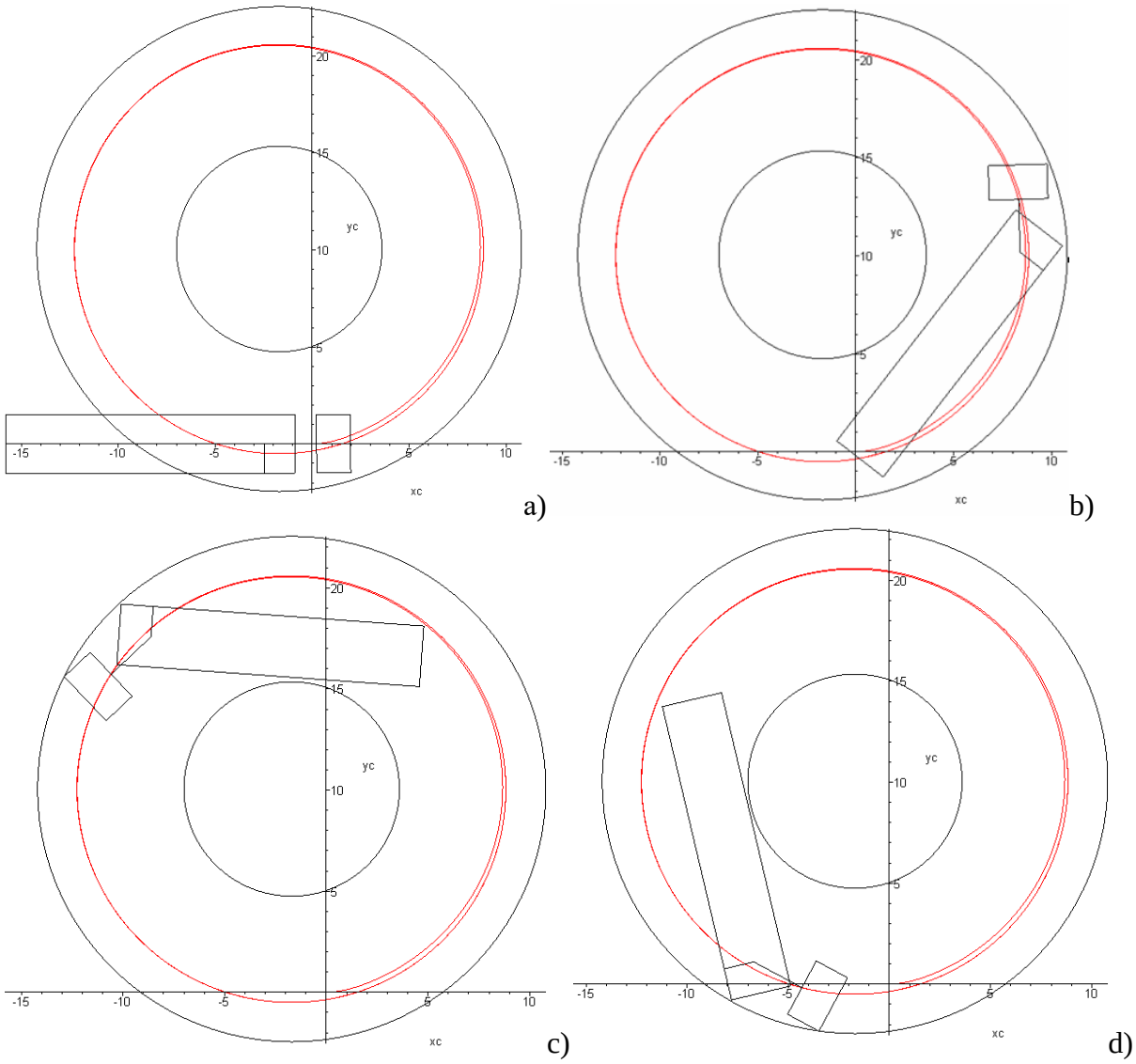


Figure 5. Trajectory of the tractor's center-of-gravity motion in the plane of the road
(obtained by numerical integration in the Maple package)

This trajectory corresponds to the passage of a road train of a circular corridor, the dimensions of which correspond to the EU standards, and is shown in Figure 6.



a – entry into the corridor
b, c, d – passing of the corridor

Figure 6. A double road train passes a circular corridor (corridor dimensions comply with EU standards)

2.2. Determination of the stability range of the rectilinear regime in the parameter space (analytical and numerical definition of the critical speed of rectilinear motion)

The linear approximation of the initial system is used for the numerical determination of the critical velocity. The eigenvalue spectrum is determined for different parameter value *v*. This approach makes it possible to establish the fact of stability (instability) for a pattern of design factor. The method of interval bisection is allowed to determine the moment of loss of stability (v_{kr}) [2].

For example, a set of parameters: **m=6500 kg; m_2=36500 kg; a=0.4 m; b=3.2 m; c=2.7 m; b_1=2.8 m; d_1=5.4 m; k_1=160000 H; k_2=226000 H; k_3=270000 H;** J=0.35·m·a·b (**kg·m²**); J_2=0.8·m_1·d_1·b_1 (**kg·m²**); χ_i =0.8; θ=0; K=1.5 m.

It corresponds to the eigenvalue spectrum at the value v = 20 m/s: eigv = -0.624164 + 1.342794 I; -0.425323; -1.932232; -0.624164 - 1.342794 I.

The eigenvalue spectrum of the system (8) at v = 20 m/s is shown in Figure 7.

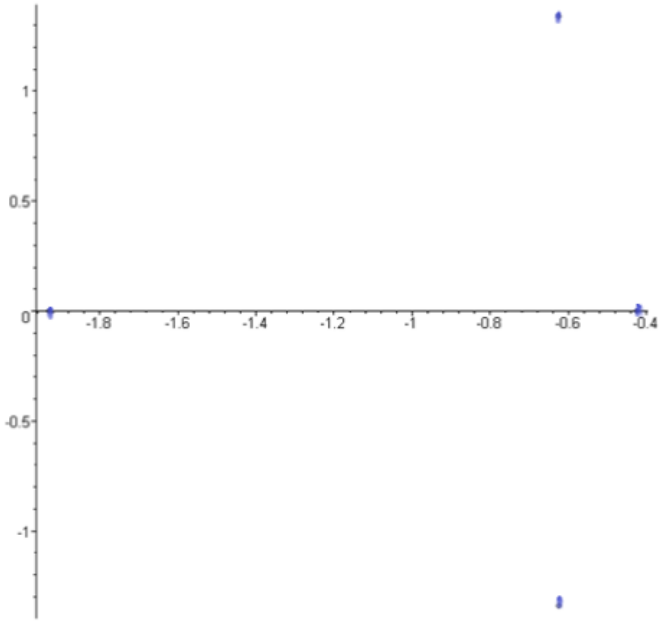


Figure 7. The eigenvalue spectrum of the system (8) at v = 20 m/s.

Since the roots of the performance equation of a system in variations are negative real parts, then, according to the Lyapunov theorem, the linear traffic condition is stable.

We have at v = 35 m/s

0.083718; -0.386063 + 1.512924 I; -1.372097; -0.386063 - 1.512924 I.

If one real root is positive, then the regime is unstable.

The eigenvalue spectrum of the system (8) at v = 35 m/s is shown in Figure 8.

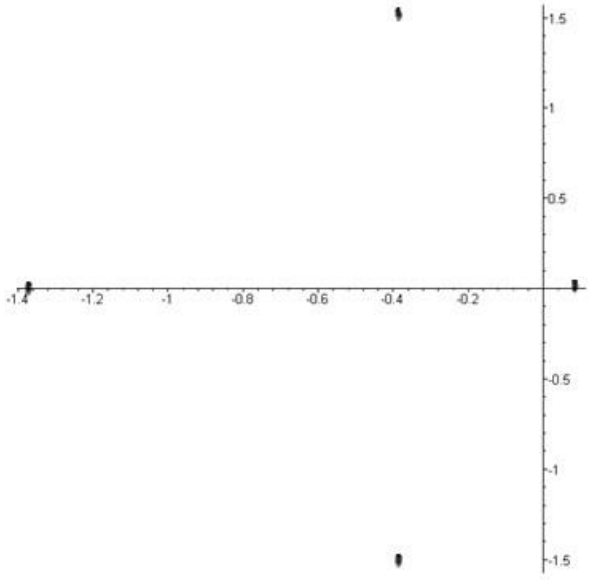


Figure 8. The eigenvalue spectrum of the system (8) at v = 35 m/s

Consequently, there is a loss of stability of linear motion in the speed range 20 m/s < v < 35 m/s. The zero eigenvalue corresponds to the velocity value $v_{кр}$ (the so-called critical case of one zero root is the case of a divergent loss of stability). In this case, the initial perturbations of the phase variables are grown aperiodically. The case of a couple of complex eigenvalue with zero real part corresponds to periodic increase of initial perturbations of phase variables are flutter instability.

We have at v = 31 m/s

eigv = 0.000776; -0.431937 + 1.490179 I; -1.463279; -0.431937 + 1.490179 I.

The eigenvalue spectrum of the system (8) at v = 31 m/s is shown in Figure 9.

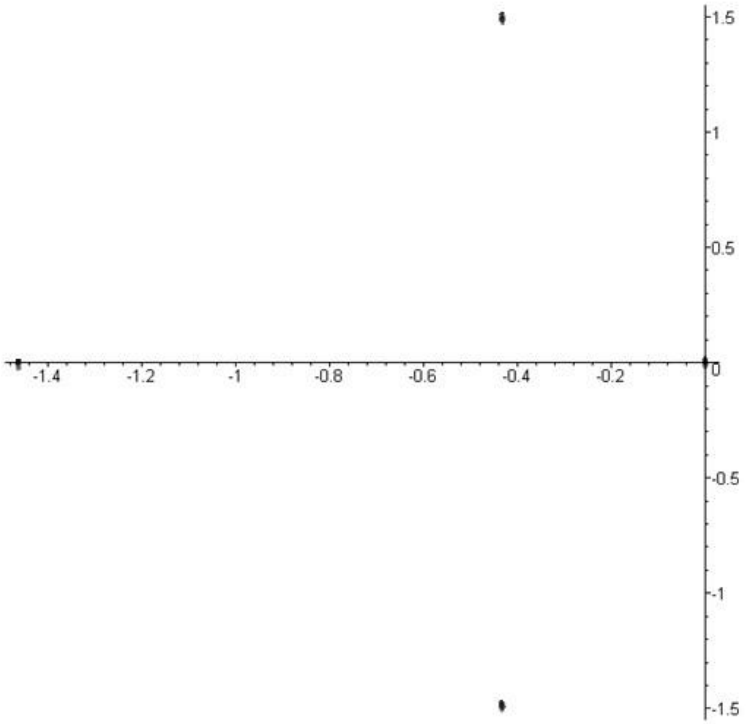


Figure 9. The eigenvalue spectrum of the system (8) at v = 31 m/s

The numerical value of the critical velocity for the selected parameters of the system is v_{kr} = 30.97 m/s. This result confirms the results of the trial-and-error method.

It follows from (9) that v_{kr} depends on some design factor. We analyze how the value v_{kr} changes with the variation of the parameters L_1 and m_1.

If we change only the mass of the semitrailer in the design factors of the system, we obtain the following dependence of the critical velocity. It is presented in Figure 10.

If we assume m_1 = 33000 kg, then we determine that the divergent loss of stability comes at a value of v_{kr} = 123 m/s. Flutter loss of stability under certain conditions might happen earlier than divergent. Check what happens with a flattering loss of stability at lower values v_{kr}. Determine the eigenvalue spectrum of the system under v_{kr}=120 m/s:

eigv = -0.183538 + 1.848346 I; -0.143991 + 0.580259 I; -0.143991 – 0.580259 I;

-0.183538 – 1.848346 I.

Since the real parts of the roots are negative, the flutter loss of stability does not set in, that is, the regime is stable.

Changing the position of the center of gravity of the semitrailer, that is, varying the ratio d_1/b_1, we get the following dependence of the critical velocity, which is shown in Figure 11.

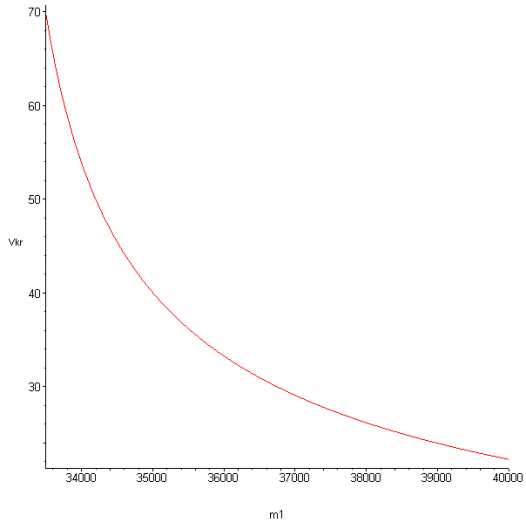


Figure 10. Graph of the dependence of the critical velocity on the mass of the semitrailer $v_{kr}=f(m_1)$

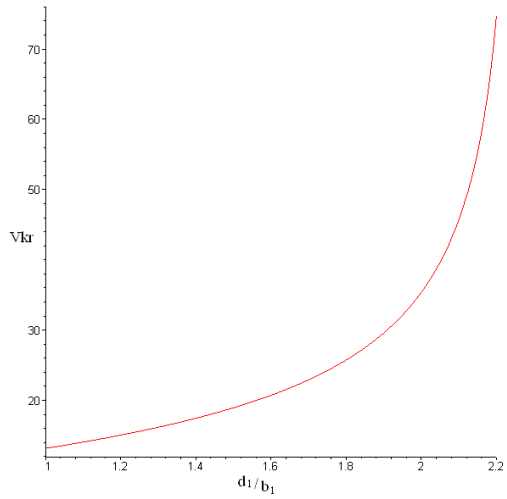


Figure 11. Graph of the dependence of the critical velocity on the ratio d_1/b_1 $v_{kr}= f (d_1/b_1)$

From the graph it follows that critical speed value will decrease when approximation of the semitrailer's center of gravity to hitch point.

3. Modeling of phase portraits of the model (analysis of the stability region of the rectilinear regime)

The system (7) is allowed an obvious solution {v = const; u = 0; ω =0; θ = 0; φ = 0; Φ = 0} with balanced longitudinal forces (X_1 = 0; X_2 = 0; X_3 = 0). It corresponds to the uniform rectilinear motion of the road train (stationary rectilinear mode). The set of steady-state conditions is determined by the system (7) in which we substitute the following values: U = 0; ω = 0; Φ = 0; PP= 0.

We take the control parameter of the system v = 20 m/s and θ = 0, construct a phase portrait in the space of variables (u, ω). The system is three steady-state conditions. These regimes correspond to three singular points in the phase plane: at the origin of coordinates of

stable node (it corresponds to a rectilinear regime) and symmetrically located two saddle points (correspond to unstable circular regimes). Saddle special points are approximated to origin of coordinates at increase in the parameter *v*. The stability of the rectilinear regime is wrecked at $v = v_{kr}$. The domain of stability of the rectilinear regime is limited the incoming separatrix of the saddle points [4, 7]. It is shown in Figure 12.

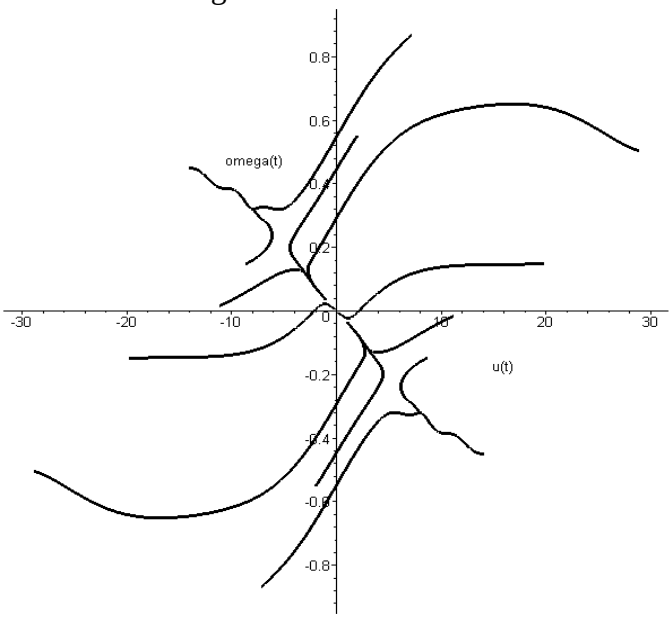


Figure 12. Phase portrait of system at subcritical velocity

The coordinates of the saddle points were found numerically using the Maple package as a solution to the system of nonlinear equations (7):

(u = -5.279; φ = -0.0653; ω = 0.2198); (u = 5.279; φ = 0.0653; ω = -0.2198).

Phase portrait of system at $v>v_{kr}$ is discussed in Figure 13.

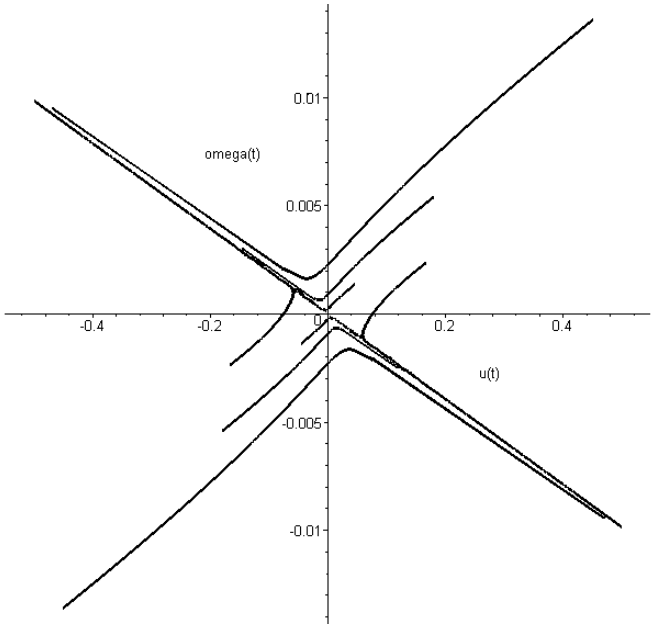


Figure 13. Phase portrait of system at supercritical speed

The system is one unstable rectilinear traffic condition, it corresponds to a saddle singular point at the origin of coordinates. The initial perturbations grow a periodically, which would correspond to the phenomenon of skidding. The phase variables in this case approach to the stable separatrixes of the saddle. The coordinates of the saddle singular point the following (u= 0; φ= 0; ω=0).

Conclusions

The stability problems, namely, the influence of the motion parameters on the stability (instability) are considered. The graphs of the dependence of the critical velocity on the mass of the semitrailer and on its geometric parameters are constructed. These dependencies make it possible to determine the design factors of the system. This corresponds to a divergent loss of stability. Flutter loss of stability under considered parameters was not found out.

Phase portraits of the system are constructed at different speeds, which makes it possible to estimate the domain of attraction of linear motion. Domain of attraction of the rectilinear regime is limited by separatrixes. The initial values of the phase variables can be estimated in phase portraits, which lead to the conclusion of the system from the stability domain. The implementation of these initial disturbances can give rise by external influences (cross wind, attack of edge of the roadway, etc.).

The values of the speed (v) and the steering angle (θ) are determined for the selected design factors of the model, which ensures the passage of the road train along the circular overall corridor.

References

1 Rocard I. Instability in mechanics. Moscow: Publishing House of Foreign Literature, 1959, 288 p.

2 Lobas L. G., Verbitsky V. G. Qualitative and analytical methods in the dynamics of wheeled vehicles. Kiev: Nauk. dumka, 1990, 229 p. ISBN 5-12-001307-4

3 Ellis D. R. Car handling. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1975, 216 p.

4 Verbitsky V. G., Lobas L. G. Bifurcations and stability of stationary states of a bundle of rolling elastically deformed bodies. Mechanics, 1987, No. 8, pp. 101-106.

5 Verbitsky V. G., Lobas L. G. Real bifurcations of two-link rolling systems. Mathematics and Mechanics 1996, No. 3, pp. 418-425.

6 Verbitsky V. G., Zagorodnov M. I. Determination and analysis of stability of circular stationary modes of motion of a model truck train // Bulletin of the Donetsk Institute of Automobile Transport, 2007, No. 1, pp. 10-19.

7. Moya D. L., Paper A.D. Determination of maneuverability and stability analysis of a model truck train // Bulletin of the Donetsk Institute of Automobile Transport, 2009. Liu, B. An Efficient UAV-Based Aerial Image Object Detection Method via Improved YOLOv4 / B. Liu, X. Li, G. Wang, W. Zhang, J. Tang // Remote Sensing. – 2023. – Т. 12, № 21. – P. 3599. – DOI: 10.1109/SIU53274.2021.9478027.

8 Day A. Chapter 4 – Braking System Design for Vehicle and Trailer Combinations, *Braking of Road Vehicles,* 2014, pp. 67–96. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397314-6.00004-8.

Список литературы

1 Рокар И. Неустойчивость в механике. Москва: Изд-во иностр. лит., 1959, 288 с.

2 Лобас Л. Г., Вербицкий В. Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин. Киев: Наук. думка, 1990, 229 с. ISBN 5-12-001307-4

3 Эллис Д. Р. Управляемость автомобиля. Москва: Машиностроение, 1975, 216 с.

4 Вербицкий В. Г., Лобас Л. Г. Бифуркации и устойчивость стационарных состояний связки катящихся упруго-деформированных тел // Прикл. механика, 1987, № 8, с. 101–106.

5 Вербицкий В. Г., Лобас Л. Г. Вещественные бифуркации двухзвенных систем с качением // Прикл. математика и механика 1996, №3, с. 418–425.

6 Вербицкий В. Г., Загороднов М. И. Определение и анализ устойчивости круговых стационарных режимов движения модели седельного автопоезда // Вестник Донецкого института автомобильного транспорта, 2007, № 1, с. 10–19.

7 Мойся Д. Л., Бумага А. Д. Определение маневренности и анализ устойчивости движения модели седельного автопоезда // Вестник Донецкого института автомобильного транспорта, 2007, № 3, с. 10–18.

8 Day A. Chapter 4 – Braking System Design for Vehicle and Trailer Combinations, *Braking of Road Vehicles,* 2014, pp. 67–96. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397314-6.00004-8.

Мойся Д.Л., Куплинов А.В., Гнидко Д.С, Елсуков Н.А.

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ МОДЕЛИ СЕДЕЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА

Аннотация. *В статье исследовались маневренность и устойчивость модели седельного автопоезда, состоящего из двухосного тягача и одноосного полуприцепа, и его возможные стационарные состояния с жестким рулевым управлением. Особенностью данной работы является исследование нелинейной математической модели двухзвенного автопоезда. На базе разработанной математической модели было определено множество стационарных режимов движений модели автопоезда, обеспечивающих необходимую маневренность при прохождении круговой габаритной полосы. Определена область устойчивого стационарного режима движения автопоезда и сделана проверка характера потери устойчивости прямолинейного движения автопоезда (дивергентная, флаттерная). Построены фазовые портреты системы при различных скоростях, которые позволяют оценить область притяжения прямолинейного движения. Рассмотрены вопросы устойчивости, в частности, влияние параметров управления (θ, v) на устойчивость или неустойчивость.*

Ключевые слова: *устойчивость движения, маневренность, модель автопоезда, стационарный режим*

Сведения об авторах:

Мойся Дмитрий Леонидович
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Донецкая академия транспорта», г. Донецк
заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»
кандидат технических наук,
e-mail: dmitrymoisia@dat-dn.ru

Куплинов Андрей Владимирович
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Донецкая академия транспорта», г. Донецк
старший преподаватель кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей»

e-mail: gorlovkup@mail.ru

Гнидко Дмитрий Сергеевич
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Донецкая академия транспорта», г. Донецк,
магистрант,
e-mail: dmitrymoisia@dat-dn.ru

Елсуков Никита Андреевич
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Донецкая академия транспорта», г. Донецк
магистрант,
e-mail: dmitrymoisia@dat-dn.ru

Information about the authors:

Moisia Dmitry Leonidovich
Autonomous non-profit educational organization of higher education «Donetsk academy of transport», Donetsk
Head of the Department of Technical Operation of Automobiles,
Candidate of Technical Sciences,
e-mail: dmitrymoisia@dat-dn.ru

Kuplinov Andrey Vladimirovich
Autonomous non-profit educational organization of higher education «Donetsk academy of transport», Donetsk
Senior lecturer of the Department of Technical Operation of Automobiles,
e-mail: gorlovkup@mail.ru

Gnidko Dmitry Sergeevich
Autonomous non-profit educational organization of higher education «Donetsk academy of transport», Donetsk,
Master's student,
e-mail: dmitrymoisia@dat-dn.ru

Yelsukov Nikita Andreevich
Autonomous non-profit educational organization of higher education «Donetsk academy of transport», Donetsk,
Master's student,
e-mail: dmitrymoisia@dat-dn.ru

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СТРАНЫ, ЕЕ РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.01

Беретарь Д.А., Шаповалова Н.Г.

ВЛИЯНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДИТЕЛЯ НА ДТП В ГОРОДЕ МАЙКОПЕ

Аннотация. *Актуальность исследования психофизиологических основ деятельности водителей обусловлена необходимостью развития системы профилактики дорожно-транспортного травматизма и повышения психопрофилактических мероприятий. Современные требования, предъявляемые к субъекту труда в профессиональной деятельности, касаются показателей функциональной надёжности. Надёжность профессиональной деятельности водителя определяется множеством факторов, включая психологические и физиологические параметры безопасного вождения, а также культуру поведения на дороге.*

Ключевые слова: *безопасность дорожного движения, надёжность водителя, факторы дорожно-транспортного происшествия, психофизиологические факторы, когнитивные факторы.*

Постановка задачи

Специфика концептуального подхода российских специалистов к разработке мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения, заключается в переоценке значения факторов опыта и квалификации водителя при определении его безаварийности; в недостаточном учёте личностных факторов при анализе причин ДТП, а также в отсутствии дифференцированного подхода при разработке мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения.

Анализ последних исследований

Для определения вектора научно-практических исследований по проблеме обеспечения безопасности дорожного движения проведён обзор зарубежных и отечественных эмпирических исследований, посвящённых оценке надёжности водителя, и соотнесение их с нормативно-правовыми актами, определяющими квалификационные требования к водителю транспортного средства.

Современные требования, предъявляемые к субъекту труда в профессиональной деятельности, в основном касаются показателей функциональной надёжности. Это предполагает способность к обеспечению динамической устойчивости выполнения профессиональных задач, а также соответствующий уровень развития психических функций и механизмов самоконтроля и саморегуляции [3].

Надёжность профессиональной деятельности водителя определяется множеством факторов, включая психологические и физиологические параметры безопасного вождения, а также культуру поведения на дороге. Снижение профессиональной

надёжности водителя создаёт основания для развития профессионального стресса и ухудшения работоспособности.

Согласно квалификационным требованиям, водитель должен прогнозировать возникновение опасных дорожно-транспортных ситуаций в процессе управления и совершать действия по их предотвращению; своевременно принимать решения и действовать в сложных и опасных дорожных ситуациях; контролировать своё эмоциональное состояние (приказ Минтранса России от 28 сентября 2015 г. № 287 «Об утверждении Профессиональных и квалификационных требований к работникам юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих перевозки автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом», ред. от 2 марта 2017 г. № 76).

Данные требования к водителям транспортного средства категорий «В», «ВЕ» определяют необходимость разработки и организации системы обучения основам безопасного вождения. Следует отметить, что психофизиологические факторы отражаются на субъективных моделях дорожных ситуаций, возникающих у водителя, а также на формировании и активизации динамических стереотипов поведения [5].

Любой процесс принятия решений, связанный как с анализом риска, так и с переходом от автоматизма к контролируемой переработке информации или с её анализом на оперативном, тактическом или стратегическом уровне, включает в себя познавательные процессы. В связи с этим представляется перспективным комплексное исследование клинико-психологических факторов риска опасного вождения и участия в ДТП.

Недостаточное развитие одних психофизиологических особенностей водителя может компенсироваться развитием других и проявляться лишь в сложных дорожных условиях, когда предотвращение аварии и разрядка острой дорожной ситуации зависят от быстроты оценки ситуации, умения применить навыки управления автомобилем, от скорости и точности реакции, самообладания и решительности, настойчивости.

По данным отечественных исследований, функциональная надёжность водителей зависит от типа нервной системы, особенностей ощущения и восприятия, скорости и точности сенсомоторных реакций, характеристик внимания, мышления, памяти, эмоциональной сферы, а также от таких индивидуально-психологических свойств личности, как темперамент и характер, морально-нравственные качества [6].

Цель работы

Определение влияния психофизиологических особенностей водителя на ДТП в г. Майкопе.

Основная часть

Главным осложняющим фактором деятельности водителя является увеличение скорости движения, что ведет к повышению скорости поступления информации, с которой должны справляться органы чувств человека, скорости ее переработки - принятия и реализации решения, с которыми должны справляться двигательные реакции человека. Водитель в транспортном потоке вынужден действовать в навязанном ему темпе, без возможности остановиться, при необратимости принимаемых им решений и тяжести последствия ошибок. Поэтому нельзя считать случайным, что первое место среди причин ДТП занимает превышение скорости водителем, допустимой или целесообразной при данных условиях. Рассмотрим наглядно в таблице 1 анализ аварийности за 2023 год в городе Майкопе.

Таблица 1

Анализ аварийности. Общие сведения о состоянии аварийности в г. Майкопе

Показатели	Декабрь 2023 год		Январь-декабрь 2023 года	
	абс. знач.	±% к АППГ	абс. знач.	±% к АППГ
ДТП всего	173	-31,6	1 844	-26,3
ДТП с материальным ущербом	158	-28,2	1 608	-28,7
ДТП с пострадавшими	15	-54,5	236	-4,5
погибло	0	-100,0	17	41,7
ранено	21	-46,2	282	-5,7

Рассмотрим наглядно на рисунке 1 распределение ДТП по видам.



Рисунок 1. Распределение ДТП по видам

Профессиональная деятельность водителя оценивается двумя взаимосвязанными требованиями. Во-первых, водитель должен работать эффективно, то есть, используя эксплуатационные качества автомобиля, быстро выполнять задачи по перевозке. Во-вторых, при этом он не должен нарушать требования безопасности движения, то есть работать надежно.

Проблема надёжности водителя разрабатывалась в рамках инженерной психологии. Эффективность работы системы «водитель–автомобиль–дорога–среда» зависит от надёжности водителя, которая определяется безотказностью его работы. Факторы, влияющие на надежность водителя: возраст, алкогольное или наркотическое опьянение и отношение к своей профессии. Качество вождения оценивают по числу ДТП, отнесенного к суммарному пробегу автомобиля за определенный срок.

Важной основой всей работы по организации и обеспечению безопасности дорожного движения является анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях. К дорожно-транспортным происшествиям относятся события, возникшие в процессе

движения по дороге транспортного средства или с его участием, при которых погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, груз, сооружения [11].

Рассмотрим нарушения ПДД водителями за 12 месяцев 2023 года на территории г. Майкопа, наглядно представленные в таблице 2. Данные таблицы 2 показывают, что за 12 месяцев 2023 года на территории г. Майкопа зарегистрировано 236 дорожно-транспортное происшествие (АППГ – 247, -4,5%), в результате которых 17 человек погибло (АППГ – 12, +41,7%) и 282 получили ранения (АППГ – 299, -5,7%). 210 ДТП (АППГ – 217), совершенны из-за нарушения ПДД водителями транспортных средств, число погибших людей в таких ДТП составило 14 человек (АППГ – 8), раненых 258 человек (АППГ – 273).

Таблица 2

Причины нарушения ПДД водителями

По причинам нарушения ПДД водителями								
Показатели	декабрь 2023 года				январь-декабрь 2023 года			
	абс. знач.	±% к АППГ	уд.вес	ТП	абс. знач.	±% к АППГ	уд.вес	ТП
ВСЕГО, из них:								
ДТП	13	-56,7	86,7	0,0	210	-3,2	89,0	5,1
ПОГИБЛО	0	-100,0	0,0		14	75,0	82,4	
РАНЕНО	19	-48,6	90,5		258	-5,5	91,5	
ЛЕГКОВОГО ТРАНСПОРТА								
ДТП	11	-63,3	84,6	0,0	199	1,0	94,8	5,1
ПОГИБЛО	0	-100,0	0,0		13	62,5	92,9	
РАНЕНО	16	-56,8	84,2		240	-2,8	93,0	
ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА								
ДТП	1	–	7,7	0,0	6	-25,0	2,9	9,1
ПОГИБЛО	0	стаб.	0,0		1	–	7,1	
РАНЕНО	1	–	5,3		10	11,1	3,9	
АВТОБУСОВ								
ДТП	1	–	7,7	0,0	4	-20,0	1,9	0,0
ПОГИБЛО	0	стаб.	0,0		0	стаб.	0,0	
РАНЕНО	2	–	10,5		8	33,3	3,1	
НАХОДЯЩИМИСЯ В СОСТОЯНИИ ОПЬЯНЕНИЯ								
ДТП	0	-100,0	0,0	0,0	14	-22,2	6,7	11,1
ПОГИБЛО	0	стаб.	0,0		2	100,0	14,3	
РАНЕНО	0	-100,0	0,0		16	-42,9	6,2	
ОТКАЗАВШИМИСЯ ОТ МЕДОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ								
ДТП	1	–	7,7	0,0	7	40,0	3,3	25,0
ПОГИБЛО	0	стаб.	0,0		2	–	14,3	
РАНЕНО	1	–	5,3		6	стаб.	2,3	

За 12 месяцев 2023 года на территории г. Майкопа зарегистрировано 88 (АППГ – 89) наездов на пешеходов, в результате которых 8 (АППГ – 5) человек погибло и 84 (АППГ – 85) получили ранения различной степени тяжести [5].

Из них:

- 35 ДТП (АППГ – 30) произошли в темное время суток, в результате которых погибло 6 человек (АППГ – 3) и 30 (АППГ – 27) получили ранения.
- 52 ДТП (АППГ – 59) произошли в светлое время суток, в результате которых погибло 2 человека (АППГ – 2) и 53 (АППГ – 58) получили ранения.

На пешеходных переходах зарегистрировано 61 ДТП (АППГ – 59), в которых 4 человека погибло (АППГ – 2) и 61 (АППГ – 58) получили травмы.

Из них:

- 51 ДТП (АППГ – 43) произошли на нерегулируемых пешеходных переходах, в результате которых 4 человека погибло (АППГ – 1) и 50 (АППГ – 43) получили травмы различной степени тяжести;
- 10 ДТП (АППГ – 16) произошли на регулируемых пешеходных переходах, в результате которых 0 человек погибло (АППГ – 1), 11 человек (АППГ – 15) получили травмы различной степени тяжести;
- 27 ДТП (АППГ – 30) произошли вне пешеходных переходов, в результате которых 4 человека погибло (АППГ – 3) и 23 (АППГ – 27) получили травмы различной степени тяжести.

По вине водителей управляющих транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения зарегистрировано 14 ДТП (АППГ – 18), в результате которых 2 человека погибло (АППГ – 1), и 16 человек получили травмы различной степени тяжести (АППГ – 28).

Основными причинами ДТП в 2023 году явились:

1. нарушение правил проезда пешеходного перехода – 59 ДТП (что составляет 25 % от общего числа ДТП);

2. несоблюдение очередности проезда перекрестков – 76 ДТП (32,2% от общего числа ДТП);

3. проезд на запрещающий сигнал светофора – 22 ДТП (9,3% от общего числа ДТП);

4. управление транспортом в состоянии опьянения – 14 ДТП (6,0% от общего количества ДТП).

Проанализировав статистику ДТП по городу Майкопу, названы самые аварийные дни по дням недели, таблица 3.

Таблица 3

Наиболее аварийные дни недели МО «Город Майкоп» в отчетный период

Дни недели	Зарегистрировано ДТП	ДТП от общего количества ДТП, %
Понедельник	33	14
Вторник	32	13,6
Среда	35	14,8
Четверг	36	15,3
Пятница	43	18,2
Суббота	32	13,6
Воскресенье	25	10,6

Согласно данным таблицы 3, на удивление, понедельник оказался реабилитированным, а самым аварийным днем недели является пятница. Вообще, аварийность в течение рабочей недели неизменно выше в сравнении с выходными. Самым аварийным днем в городе Майкопе является – пятница, зарегистрировано 43 ДТП, что в процентном соотношении составляет 18,2% от общего числа ДТП. Это устойчивая тенденция не характерна для России, то есть в прошлом году самыми «ударными» днями были вторник и среда.

А наименьшее количество происшествий на дорогах происходит по воскресеньям. В этот выходной аварийность снижается более чем на четверть – до 40%. Самыми безопасными для автомобилистов днями в году являются массовые праздники.

Например, 1 января происходит падение количества ДТП в 3,5-4 раза по сравнению со средним показателем. Примерно вдвое снижается аварийность 31 декабря, 2 и 7 января, а также 8 и 9 мая.

Самым опасным месяцем в году для российских водителей признали март. Риск попасть в аварию в этом слякотном весеннем месяце примерно на 10-13% выше по сравнению со средним годовым показателем.

Из приведенной статистики ГИБДД России следует, что наибольшее количество смертельных исходов в дорожно-транспортных происшествиях за 2018 год зафиксировано в темное время суток – в период с 19 до 22 часов вечера.

Причем, самое опасное время для вождения на дорогах России по статистике ГИБДД – этот промежуток с 20 до 21 часа. В это время суток ДТП унесли жизни 661 человека, а 5 791 пострадавший получили травмы. Лишь немногим реже тяжкие ДТП фиксируется с 20 до 21 часа – 661 погибший при 5 791 пострадавшем, а в период с 19 до 20 часов – 642 летальных случая и 6 233 ранения.

Рассмотрим наиболее аварийные часы суток в г. Майкопе в отчетный период, таблица 4.

Таблица 4

Наиболее аварийные часы суток МО «Город Майкоп» в отчетный период

Часы суток	Зарегистрировано ДТП	ДТП от общего количества ДТП, %
с 17.00 до 00.00	101	42,8
с 12.00 до 17.00	77	32,6
с 07.00 до 12.00	52	22

Согласно данным таблицы 4, в целом пик аварийности в городе Майкопе держится на максимальном уровне с пяти до двенадцати ночи, зарегистрировано 101 ДТП. С наступлением темноты существенно растет их тяжесть – на опустевших дорогах водители позволяют себе значительно превышать скорость движения и выполняют рискованные маневры. Отсюда и печальные последствия. Тяжесть последствий в городе Майкопе составила 5,7 (АППГ – 3,9).

Рассмотрим наглядно в таблицах 5, 6, дорожно-транспортные происшествия и пострадавшие по дням недели, времени суток и категориям пострадавших за январь-декабрь 2023 года.

Рассмотрим наглядно дорожно-транспортные происшествия и пострадавших по времени суток и категориям пострадавших в г. Майкопе, таблица 6.

Данные показывают, что в течение суток выделяется несколько характерных периодов аварийности. Между 23 и 05 часами утра совершалось минимальное количество дорожно-транспортных происшествий, с 07 часов постепенно происходит рост аварий, который достигает своего пика в период времени с 13 до 15 часов.

Таким образом, 210 ДТП (АППГ – 217), совершены из-за нарушения ПДД водителями транспортных средств, число погибших людей в таких ДТП составило 14 человек (АППГ – 8) раненых 258 человек (АППГ – 273). Самым аварийным днем в городе Майкопе является – пятница, зарегистрировано 43 ДТП, что в процентном соотношении составляет 18,2% от общего числа ДТП. Это устойчивая тенденция не характерна для России, то есть в прошлом году самыми «ударными» днями были вторник и среда. В целом пик аварийности в городе Майкопе держится на максимальном уровне с пяти до двенадцати ночи, зарегистрировано 101 ДТП. Тяжесть последствий в городе Майкопе составила 5,7 (АППГ – 3,9).

Таблица 5

Дорожно-транспортные происшествия и пострадавшие по дням недели, и категориям пострадавших за январь-декабрь 2023 года

Наименование показателя	№ строки	ДТП			Погибло			Ранено			ГП
		Абс.	± % к АППГ	Уд. вес	Абс.	± % к АППГ	Уд. вес	Абс	± % к АППГ	Уд. вес	
А	Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДТП - всего	1	236	-4,5		17	41,7		282	-5,7		5,7
из них											
по дням недели											
по понедел.	2	33	-23,3	14,0	7	600,0	41,2	37	-19,6	13,1	15,9
по вторникам	3	32	-11,1	13,6	2	-66,7	11,8	41	-4,7	14,5	4,7
по средам	4	35	6,1	14,8	2	-33,3	11,8	37	5,7	13,1	5,1
по четвергам	5	36	28,6	15,3	4	300,0	23,5	50	47,1	17,7	7,4
по пятницам	6	43	-4,4	18,2	1		5,9	48	-21,3	17,0	2,0
по субботам	7	32	-17,9	13,6	0	-100,0	0,0	39	-15,2	13,8	0,0
по воскресеньям	8	25	8,7	10,6	1		5,9	30	-11,8	10,6	3,2
водителями (лицами, управляющими механическими транспортными средствами)	34	91	-14,2	38,6	6	200,0	35,3	99	-14,7	35,1	5,7
велосипедистами	35	16	60,0	6,8	1	стаб.	5,9	15	66,7	5,3	6,3
пассажирами	36	67	-11,8	28,4	0	-100,0	0,0	79	-9,2	28,0	0,0
пешеходами	37	90	-1,1	38,1	9	80,0	52,9	85	-2,3	30,1	9,6
иными участниками движения	38	2		0,8	1		5,9	4		1,4	20,0
с особо тяжкими последствиями	39	0	стаб.	0,0	0	стаб.	0,0	0	стаб.	0,0	0,0
ДТП с водителями в состоянии опьянения	40	16	-27,3	6,8	2	100,0	11,8	18	-45,5	6,4	10,0
ДТП с водителями, отказавшимися от медосвидетельствования	41	7	40,0	3,0	2		11,8	6	стаб.	2,1	25,0
ДТП с водителями с признаками опьянения	42	22	-18,5	9,3	4	300,0	23,5	23	-41,0	8,2	14,8

Выявлено больше всего нарушений ПДД водителями автобусов – 236 (АППГ – 197). Составлено 91 (АППГ – 58) административных протоколов на должностных (юридических) лиц.

По вине водителей, управляющих транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения зарегистрировано 14 ДТП (АППГ – 18), в результате которых 2 человека погибло (АППГ – 1), и 16 человек получили травмы различной степени тяжести (АППГ – 28) [12].

Таблица 6

Дорожно-транспортные происшествия и пострадавшие по времени суток и категориям пострадавших за январь-декабрь 2023 года

Наименование показателя	№ строки	ДТП			Погибло			Ранено			ТП
		Абс.	± % к АППГ	Уд. вес	Абс.	± % к АППГ	Уд. вес	Абс.	± % к АППГ	Уд. вес	
по времени суток											
с 00 по 01 часов	9	4	33,3	1,7	0	стаб.	0,0	6	50,0	2,1	0,0
с 01 по 02 часов	10	0	-100,0	0,0	0	стаб.	0,0	0	-100,0	0,0	0,0
с 02 по 03 часов	11	1	стаб.	0,4	0	стаб.	0,0	1	стаб.	0,4	0,0
с 03 по 04 часов	12	2	100,0	0,8	0	стаб.	0,0	4	300	1,4	0,0
с 04 по 05 часов	13	3	200,0	1,3	1	стаб.	5,9	2		0,7	33,3
с 05 по 06 часов	14	0	стаб.	0,0	0	стаб.	0,0	0	стаб.	0,0	0,0
с 06 по 07 часов	15	0	-100,0	0,0	0	стаб.	0,0	0	-100,0	0,0	0,0
с 07 по 08 часов	16	7	16,7	3,0	2	100,0	11,8	11	10,0	3,9	15,4
с 08 по 09 часов	17	11	-38,9	4,7	1	стаб.	5,9	21	16,7	7,4	4,5
с 09 по 10 часов	18	16	60,0	6,8	0	стаб.	0,0	20	81,8	7,1	0,0
с 10 по 11 часов	19	10	11,1	4,2	0	-100,0	0,0	12	9,1	4,3	0,0
с 11 по 12 часов	20	8	-50,0	3,4	0	стаб.	0,0	8	-52,9	2,8	0,0
с 12 по 13 часов	21	23	109,1	9,7	1		5,9	25	92,3	8,9	3,8
с 13 по 14 часов	22	16	-23,8	6,8	0	-100,0	0,0	17	-15,0	6,0	0,0
с 14 по 15 часов	23	16	23,1	6,8	1		5,9	19	11,8	6,7	5,0
с 15 по 16 часов	24	14	-30,0	5,9	1	стаб.	5,9	15	-50,0	5,3	6,3
с 16 по 17 часов	25	8	-46,7	3,4	0	стаб.	0,0	10	-52,4	3,5	0,0
с 17 по 18 часов	26	17	-29,2	7,2	2		11,8	18	-37,9	6,4	10,0
с 18 по 19 часов	27	25	25,0	10,6	2	-33,3	11,8	30	30,4	10,6	6,3
с 19 по 20 часов	28	13	-7,1	5,5	4		23,5	11	-26,7	3,9	26,7
с 20 по 21 часов	29	17	88,9	7,2	0	стаб.	0,0	18	100	6,4	0,0
с 21 по 22 часов	30	9	-30,8	3,8	0	-100,0	0,0	9	-30,8	3,2	0,0
с 22 по 23 часов	31	8	14,3	3,4	0	стаб.	0,0	17	70,0	6,0	0,0
с 23 по 24 часов	32	8	-33,3	3,4	2		11,8	8	-57,9	2,8	20,0
в темное время суток	33	80	1,3	33,9	8	60,0	47,1	94	-3,1	33,3	7,8
ДТП с водителями в состоянии опьянения	40	16	-27,3	6,8	2	100,0	11,8	18	-45,5	6,4	10,0
ДТП с водителями, отказавшимися от медосвидетельствования	41	7	40,0	3,0	2		11,8	6	стаб.	2,1	25,0
ДТП с водителями с признаками опьянения	42	22	-18,5	9,3	4	300,0	23,5	23	-41,0	8,2	14,8

Следует отметить, что все правонарушители имели достоверно высокие значения индексов агрессивности и враждебности. Кроме того, низкая лабильность нервной системы – отличительная характеристика правонарушителей дорожного движения.

Из-за дефицита когнитивных функций потенциальная безопасность вождения может быть существенно снижена. К когнитивным нарушениям, способным оказать

негативное влияние на безопасность управления транспортного средства, относят: снижение мнестических способностей (дефицит внимания, отвлекаемость, замедленность времени реакции, нарушение способности обобщения, пространственная дезориентация, нарушение восприятия глубины, фигуры-фона, снижение визуального сканирования, неумение отличать существенные детали от несущественных); нарушение процесса саморегуляции (нарушения инициации и осуществления действий, нарушение последовательности навыков, низкая способность оценивать результаты и последствия своих действий, неразвитость навыков разрешения проблем); нарушения эмоционально-волевой сферы (снижение толерантности к стрессам, расторможенность, импульсивность), обусловленные нейрофизиологическими и нейрогуморальными изменениями [3].

Снижение профессиональной надёжности водителя создаёт основания для развития профессионального стресса и ухудшения работоспособности. Существенным фактором, определяющим безопасность управления транспортным средством, является соответствие информационной загрузки дороги, динамической характеристики автомобиля и скорости переработки водителем информации. Как информационная перегрузка, так и дефицит информации имеют прямую связь с вероятностью совершения дорожно-транспортных нарушений. Это связано с возникновением усталости, сопровождающейся временным ухудшением показателей двигательной реакции, нарушением координации движений и работы зрительного анализатора, внимания, памяти, а также повышением артериального давления [4]. В результате утомления ухудшаются характеристики зрительного восприятия, которые снижают контрастную чувствительность, точность оценки расстояний до объектов и скорости их движения, ухудшается организация управления транспортным средством.

Следует отметить, что надёжность водителя зависит и от состояния других звеньев системы «водитель–автомобиль–дорога–среда». От способности водителя воспринимать и своевременно реагировать на поступающую информацию во многом зависит безопасность движения. Скорость и точность реагирования находятся в прямой зависимости от информационных характеристик поступающих сигналов. Системный подход к решению проблем обеспечения надёжности водителя и безопасности дорожного движения предполагает учёт максимально возможного количества факторов, влияющих на возникновение ДТП, а также совершенствование системы подготовки кандидатов в водители [1]. Необходимо добавить, что в зарубежной практике для решения этой задачи создаются специальные диагностические инструменты оценки водителей, например методика когнитивного поведения водителя (Cognitive Behavioural Driver Inventory – CBDI), нейропсихологический тест (Rev Auditory Verbal Learning Test – RAVLT) [14].

Внедрена ступенчатая система лицензирования водителя (GDLS). Она включает 3 этапа: 1) прохождение кандидатом в водители отбора для получения разрешения на обучение; 2) получение разрешения на управление транспортным средством с ограничением, временного или испытательного срока лицензии; 3) получение лицензии на полные водительские права. Лицензирование водителей, как правило, ограничивает езду в ночное время, скоростной режим и возможность самостоятельного вождения на начальных этапах. Но эти ограничения снимаются со временем по итогам обучения и результатам комплексного тестирования кандидата в водители. В конечном счете кандидат получает полную лицензию водителя [5].

Выводы

Анализируя факторы, определяющие причины высокой аварийности, можно сделать вывод, что человеческий фактор является ключевым. Низкое качество

подготовки водителей, приводящее к ошибкам в оценке дорожной обстановки, неудовлетворительная дисциплина, невнимательность и небрежность водителей при управлении транспортными средствами – вот слагаемые порядка 84% дорожно-транспортных происшествий. Проблема надежности профессиональной деятельности водителя сложна своей многоплановостью. Она охватывает не только чисто технические вопросы, связанные с конструкционными особенностями автомобилей и дорог, но и вопросы из других областей: психологии и физиологии человека. Выявление лиц с пониженной надежностью, используя профессиональный отбор по психофизиологическим качествам, позволит снизить уровни рисков, и тем самым повысить безопасность транспортного процесса.

Список литературы

1. Особенности формирования профессиональных водительских навыков [Текст] : монография / С. Е. Бебинов, В. А. Сальников ; М-во образования и науки РФ, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Сибирская гос. автомобильно-дорожная акад. (СибАДИ)". - Омск : СибАДИ, 2016. - 167 с. ISBN 978-5-93204-903-7.

2. Развитие транспортной инфраструктуры города Майкопа Республики Адыгея / М. К. Беданоков, Ю. Х. Гукетлев, Н. Г. Шаповалова [и др.] // Информационные технологии и инновации на транспорте : Материалы 4-ой Международной научно-практической конференции, Орел, 15–16 мая 2018 года / Под редакцией А.Н. Новикова. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2019. – С. 70-77. – EDN ZUXVPD.

3. Васильченко, А.С. Психофизиологические основы деятельности водителей и безопасность дорожного движения / А.С. Васильченко, С.В. Шпорт, В.Г. Булыгина. - Научный обзор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии им. В.П. Сербского» Минздрава России, Москва, Россия, 2018. – С . 4-9. ISSN 1560-957X.

4. Котик, М.А., Природа ошибок человека-оператора / М.А. Котик, А.М. Емельянов. М.: Транспорт, 1993. 252 с. ISBN 5-277-01391-1.

5. Лобанова, Ю.И. Субъективные модели дорожных ситуаций как критерий адаптированности к участию в дорожном движении // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2016. № 2. С. 100–110. ISSN 1818-6653.

6. Мальцева, Е.С. Изучение состояния безопасности дорожного движения на территории Республики Адыгея / Е.С. Мальцева, С.А. Куштанок, Н.Г. Шаповалова. В сборнике: Наука XXI века: проблемы, перспективы и актуальные вопросы развития общества, образования и науки. Материалы международной межвузовской весенней научно-практической конференции. Под общей редакцией С.А. Куштанок. п. Яблоновский, 2022. С. 74-79. EDN QHZKVD.

7. Небылицын, В.Д. Надежность работы оператора в сложной системе управления: хрестоматия по инженерной психологии / Под ред. Б.А. Душкова. М.: Высшая школа, 1991. С. 238–248.

8. Пономаренко, В.А. Методологическое пособие по подготовке человека летающего / В.А. Пономаренко. М.: Когито-Центр, 2016. 227 с. ISBN 978-5-89353-476-4.

9. Постовалова, А.И. Основы автотранспортной психологии: учебное пособие / Под ред. З.А. Шакуровой. Челябинск: ЮУрГУ, 2006. 164 с.

10. Романов, А.Н. Автотранспортная психология / А.Н. Романов. М.: Академия, 2002. 224 с. ISBN 5-7695-1003-X.

11. Стрелков, Ю.К. Инженерная и профессиональная психология / Ю.К. Стрелков. М.: Академия, 2001. 360 с. ISBN 5-7695-0651-2.

12. Шаповалова, Н. Анализ уровня безопасности дорожного движения г. Майкопа / Н. Шаповалова, Ткачев А., Черниченко Н. В сборнике: Сборник студенческих работ «Первые шаги в науку». 2017-2018 учебный год. Майкопский государственный технологический университет, Инженерно-экономический факультет. 2018. С. 135-138. EDN: DTCZUU

13. Шипшин, С.С. Судебно-психологическая экспертиза психического состояния водителя по делам о дорожно-транспортных происшествиях: дис. … канд. психол. наук: 19.00.06 / НИИ проблем укрепления законности и правопорядка при Генеральной Прокуратуре РФ. М., 1998. 236 с.

References

1. Features of the formation of professional driving skills [Text]: monograph / S. E. Bebinov, V. A. Salnikov; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Siberian State Automobile and Road Academy (SibADI)". - Omsk: SibADI, 2016. - 167 p. ISBN 978-5-93204-903-7. 2. Development of transport infrastructure of the city of Maikop, Republic of Adygea / M. K. Bedanokov, Yu. Kh. Guketlev, N. G. Shapovalova [et al.] // Information technologies and innovations in transport: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, Orel, May 15-16, 2018 / Edited by A. N. Novikov. – Orel: Oryol State University named after I.S. Turgenev, 2019. – P. 70-77. – EDN ZUXVPD.

3. Vasilchenko, A.S. Psychophysiological foundations of drivers' activities and road safety / A.S. Vasilchenko, S.V. Shport, V.G. Bulygina. - Scientific review of the V.P. Serbsky National Medical Research Center of Psychiatry and Narcology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia, 2018. – P. 4-9. ISSN 1560-957X.

4. Kotik, M.A., The nature of human operator errors / M.A. Kotik, A.M. Emelianov. Moscow: Transport, 1993. 252 p. ISBN 5-277-01391-1.

5. Lobanova, Yu.I. Subjective models of road situations as a criterion for adaptability to participation in road traffic // Bulletin of Leningrad State University named after A.S. Pushkin. 2016. No. 2. Pp. 100–110. ISSN 1818-6653.

6. Maltseva, E.S. Study of the state of road safety in the Republic of Adygea / E.S. Maltseva, S.A. Kushtanok, N.G. Shapovalova. In the collection: Science of the 21st century: problems, prospects and topical issues of development of society, education and science. Proceedings of the international interuniversity spring scientific and practical conference. Under the general editorship of S.A. Kushtanok. p. Yablonovsky, 2022. Pp. 74-79. EDN QHZKVD.

7. Nebylitsyn, V.D. Reliability of the operator in a complex control system: a reader on engineering psychology / Ed. B. A. Dushkov. Moscow: Higher School, 1991. Pp. 238–248.

8. Ponomarenko, V. A. Methodological manual for training a flying person / V. A. Ponomarenko. Moscow: Cogito-Center, 2016. 227 p. ISBN 978-5-89353-476-4.

9. Postovalova, A. I. Fundamentals of automotive transport psychology: a textbook / Ed. Z. A. Shakurova. Chelyabinsk: SUSU, 2006. 164 p.

10. Romanov, A. N. Automotive transport psychology / A. N. Romanov. Moscow: Academy, 2002. 224 p. ISBN 5-7695-1003-X.

11. Strelkov, Yu.K. Engineering and professional psychology / Yu.K. Strelkov. Moscow: Academy, 2001. 360 p. ISBN 5-7695-0651-2.

12. Shapovalova, N. Analysis of the level of road safety in the city of Maikop / N. Shapovalova, A. Tkachev, N. Chernichenko. In the collection: Collection of student works "First steps in science". 2017-2018 academic year. Maikop State Technological University, Faculty of Engineering and Economics. 2018. Pp. 135-138. EDN: DTCZUU

13. Shipshin, S.S. Forensic psychological examination of the mental state of the driver in

cases of road accidents: dis. ... cand. psychol. sciences: 19.00.06 / Research Institute of Problems of Strengthening Legality and Law and Order under the Prosecutor General's Office of the Russian Federation. Moscow, 1998. 236 p.

Beretar D.A., Shapovalova N.G

INFLUENCE OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DRIVER ON ROAD ACCIDENTS IN THE CITY OF MAYKOP

Abstract*. The relevance of the study of the psychophysiological foundations of driver activity is due to the need to develop a system for the prevention of road traffic injuries and increase psychoprophylactic measures. Modern requirements for the subject of labor in professional activities relate to indicators of functional reliability. The reliability of a driver's professional performance is determined by many factors, including the psychological and physiological parameters of safe driving, as well as the culture of behavior on the road.*

Keywords*: road safety, driver reliability, road accident factors, psychophysiological factors, cognitive factors.*

Сведения об авторах:

Беретарь Джанетта Алиевна
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп, студентка,
e-mail: shapovalova2472@mail.ru

Шаповалова Наталья Георгиевна
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп, доцент кафедры автомобильного транспорта,
канд. экон. наук., доцент,
e-mail: shapovalova2472@mail.ru

Information about the authors:

Beretar Dzhanetta Alievna
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Maikop State Technological University", Maikop,
Student,
e-mail: shapovalova2472@mail.ru

Shapovalova Natalia Georgievna
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Maikop State Technological University", Maikop,
Associate Professor of the Department of Automobile Transport,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
e-mail: shapovalova2472@mail.ru

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

УДК 656.01

Ткачева Я.С.

ПРОЕКТ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ФУНКЦИЕЙ МОБИЛЬНОГО АВТОСЕРВИСА

Аннотация. *Статья посвящена вопросам организации проект станции технического обслуживания (СТО) и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса направлен на создание инновационного сервиса, который сочетает в себе традиционное обслуживание автомобилей с современными требованиями к мобильности и удобству. Основная идея проекта заключается в предоставлении клиентам возможности получать качественные услуги по техобслуживанию и ремонту автомобилей на месте их нахождения, что позволяет существенно повысить уровень удобства и сэкономить время.*

Ключевые слова: *станция технического обслуживания, проект, мобильный автосервис, ремонт автомобилей, передвижная мастерская, эффективность.*

Постановка задачи

Мобильный автосервис представляет собой современную и удобную форму оказания услуг по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей. Мобильный автосервис является актуальной и востребованной услугой, которая отвечает потребностям современных автовладельцев, обеспечивая комфорт, скорость и качество обслуживания.

Анализ последних исследований

Мобильный автосервис представляет собой современный подход к обслуживанию автомобилей, позволяющий осуществлять ремонт и техническое обслуживание автомобилей непосредственно на месте. Этот концепт становится все более популярным благодаря своей удобности и способности снизить затраты времени и средств клиентов. В данном обзоре рассмотрим основные исследования и публикации, касающиеся проекта станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса с функцией мобильного автосервиса.

В научных работах (например, исследования Мастюгин В.А. и Александров В.А., 2016) обсуждаются преимущества и недостатки мобильных автосервисов. Подчеркивается, что такой подход к обслуживанию способен увеличить клиентскую базу благодаря удобству и доступности [7]. Исследование Шаповалов В.Д. и Бишутин С.Г. (2023) анализирует потенциальный рынок мобильных автосервисов в России и выявляет ключевых потребителей таких услуг, включая корпоративных клиентов и владельцев подержанных автомобилей [8].

В работах Губин А.В. и Таипова Э.Х. (2017) рассматриваются методики оценки удовлетворенности клиентов мобильными автосервисами. Это исследование определяет основные критерии, учитываемые клиентами при выборе сервиса, включая качество обслуживания, скорость работы и наличие квалифицированных сотрудников [9].

Таким образом, создание станции технического обслуживания с функцией мобильного автосервиса показывает значительный потенциал не только для удовлетворения потребностей клиентов, но и для создания инновационного и устойчивого бизнес-решения на рынке автомобильных услуг.

Прогнозирование емкости рынка автосервиса в России в 2024 году включает в себя несколько ключевых факторов, таких как общее количество зарегистрированных автомобилей, рост сегмента услуг технического обслуживания и ремонта, изменения в законодательстве, а также экономические тенденции. По данным, опубликованным в последние годы, количество зарегистрированных легковых автомобилей в России продолжает расти. В 2024 году в России было зарегистрировано более 46 миллионов легковых автомобилей. Ожидается, что этот показатель продолжит увеличиваться, что создаст дополнительные возможности для автосервисов. Средний возраст автомобилей в России продолжает увеличиваться, что приводит к увеличению спроса на услуги технического обслуживания и ремонта. Более старые автомобили требуют регулярных ремонтов, что способствует росту рынка автосервисов. Согласно различным аналитическим источникам, емкость рынка автосервисов в России в 2024 году может составить от 550 до 990 миллиардов рублей. Однако эти прогнозы могут меняться в зависимости от влияния вышеуказанных факторов (рисунок 1).



Рисунок 1. Емкость рынка автосервиса в России в 2024 году

Прогнозируется рост как в сегменте технического обслуживания (регулярные ТО, замена расходных материалов), так и в сегменте ремонта (кузовной ремонт, мелкие и капитальные ремонты). Таким образом, емкость рынка автосервисов в России в 2024 году будет определяться как положительными факторами, так и экономическими вызовами. Учитывая долгосрочные тенденции в автомобильной промышленности и растущий спрос на услуги, рынок автосервисов имеет все шансы на дальнейшее развитие и рост. [5].

Цель работы

Предлагается организовать станцию технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса. Мобильный автосервис - это современное решение, отвечающее потребностям клиентов на рынке автосервиса в г. Майкопе. С учетом растущей конкуренции и изменяющихся потребительских предпочтений, мобильный автосервис становится важным инструментом для автосервисов, позволяющим предлагать качественные услуги и привлекать клиентов.

Таким образом, цель проекта заключается в создании эффективной и устойчивой модели автосервиса, которая соединяет традиционные принципы обслуживания с

современными технологиями мобильности. Это позволит не только повысить уровень удовлетворенности клиентов, но и обеспечить долгосрочный успех и конкурентоспособность на рынке автомобильных услуг.

Основная часть

Выбор автомобиля для проекта станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса играет важную роль в общей эффективности бизнеса. Надлежащий выбор должен основываться на специализированных потребностях, доступности сервисного обслуживания и состоянии рынка. Профессионально подобранный автомобиль обеспечит высокое качество обслуживания и удовлетворенность клиентов.

На данный момент в России существует несколько предприятий и компаний, занимающихся производством, переоборудованием и продажей передвижных автомастерских (мобильных автосервисов). Эти компании предлагают различные решения для обеспечения мобильного технического обслуживания и ремонта автомобилей. Вот некоторые из них: (рисунок 2).



Рисунок 2. Передвижные автомастерские в России

1. Передвижная мастерская ПАРМ на базе Газон NEXT. Передвижная мастерская ПАРМ (подвижная авто ремонтная мастерская) - это специализированный автомобиль, предназначенный для оказания услуг по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей на месте. Эта модель базируется на шасси Газон NEXT (также известном как «Газель»), который обладает необходимыми характеристиками для организации мобильного сервиса. На наш взгляд отличный вариант, но не для нашего мобильного автосервиса, т.к. его специализация - ТО и ТР грузовых автомобилей и прицепной техники, такая проходимость нам не нужна, да и расход топлива не радует.

2. Передвижная мастерская на базе Урал 4320-1151-61 представляет собой специализированное транспортное средство, предназначенное для оказания услуг по ремонту и техническому обслуживанию в полевых условиях или удаленных районах. Эта модель обладает высокой проходимостью и прочной конструкцией, что делает её

идеальной для эксплуатации в сложных условиях, таких как строительные площадки, лесные зоны, сельское хозяйство и т.д.

3. Передвижная мастерская на базе КамАЗ-43118 представляет собой функциональное и надежное транспортное средство, предназначенное для оказания услуг по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей и техники в полевых условиях, удаленных районах и на строительных площадках. КамАЗ-43118 обладает отличными характеристиками, что делает его идеальным выбором для создания мобильной мастерской.

Вариант, на мой взгляд, ничуть не хуже, но, как и в случае с мобильным сервисом на базе Урала-4320 - автомобиль не для наших потребностей. И к тому же КамАЗ и Урал смогут заехать далеко не на каждую парковку, ввиду больших габаритных размеров [2].

Следовательно, для предлагаемой станции подходит передвижная мастерская на базе Форд Транзит (рисунок 3).



Рисунок 3. Внешний вид мобильного автосервиса на базе Форд Транзит

Проект станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса будет интересен различным целевым группам. Люди, использующие личные автомобили, заинтересованы в удобстве и экономии времени. Мобильный автосервис позволяет им получать услуги, не тратя драгоценное время на поездку в СТО. Также люди, имеющие проблемы со здоровьем или не имеющие возможности самостоятельно добраться до СТО, получат доступ к качественному обслуживанию на дому. В результате, проект станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса может привлечь широкий круг заинтересованных сторон, от конечных потребителей до крупных компаний и инвесторов. Адаптивность и удобство являются ключевыми факторами, которые делают этот проект привлекательным для разнообразных групп клиентов [1,2].

Внешний вид и стоимость приобретаемого оборудования представлены в таблице 1.

Предлагается полный спектр услуг по ремонту и обслуживанию автомобилей прямо у дома или офиса. Специалисты готовы выехать к вам в любое удобное время и провести все необходимые работы на месте.

Таблица 1

Внешний вид и стоимость приобретаемого оборудования

Наименование	Внешний вид	Коли-чество, шт.	Цена за единицу, руб.	Цена общая, руб.
1	2	3	4	5
1. Передвижная мастерская на базе Форд Транзит		4	5200000	20800000
2. Набор инструмента для ремонта шин		4	1850	7400
3. Ключ баллонный крестовой с головками		4	1660	6640
4. Инструментальный ящик «АвтоВело»		4	8050	32200
5. Аккумуляторы		4	3600	14400
6. Пуско - зарядное устройство «ANTDYNAMIC 420 START»		4	20190	80760
7. Канистра 20 л		16	2000	32000
8. Прожектор «CAMELION FLS-500/2»		4	5000	20000
9. Жесткая сцепка для буксировки автомобилей		4	1250	5000
10. Лампа переносная		4	850	3400
11. Масла моторные и трансмиссионные в ёмкостях		16	500	8000
12. Автомобильный диагностический сканер		4	90000	360000
13. Набор инструмента для электрика 48 предметов		4	19500	78000
14. Комплект для открытия автомобилей		4	6950	27800

Продолжение таблицы 1

Наименование	Внешний вид	Коли-чество, шт.	Цена за единицу, руб.	Цена общая, руб.
1	2	3	4	5
15. Универсальный большой набор инструментов 143 предмета		4	13990	55960
16. Вкладыш с инструментом АСК-В3006		4	3950	15800
17. Ноутбук-трансформер ASUS Transformer Book Flip TP200SA-FV0108TS		4	24000	96000
18. МФУ Panasonic KX-MB2000RUB		4	7190	28760
19. Станок для ключей универсальный Key World 100-El		4	31500	126000
20. Набор для ремонта стекол		4	26750	107000
21. Тепловая пушка дизельная Neoclima Prof NPI-20		4	33500	134000
22. Станция для заправки и контроля состояния автомобильных систем кондиционирования СТ- М1017		2	47000	94000
Итого		-	-	22133120

Основные услуги мобильного автосервиса (рисунок 4):

- Диагностика двигателя и других систем автомобиля. Быстрое выявление неисправностей с помощью современного оборудования.

- Замена масла и фильтров. Использование качественных масел и оригинальных фильтров для продления срока службы вашего авто.

- Ремонт тормозной системы. Профессиональная замена тормозных колодок, дисков и жидкостей.

- Заправка кондиционеров. Обслуживание и заправка системы кондиционирования для комфортного вождения летом.

- Шиномонтаж. Снятие и установка колес, балансировка, ремонт проколов и сезонное хранение шин.

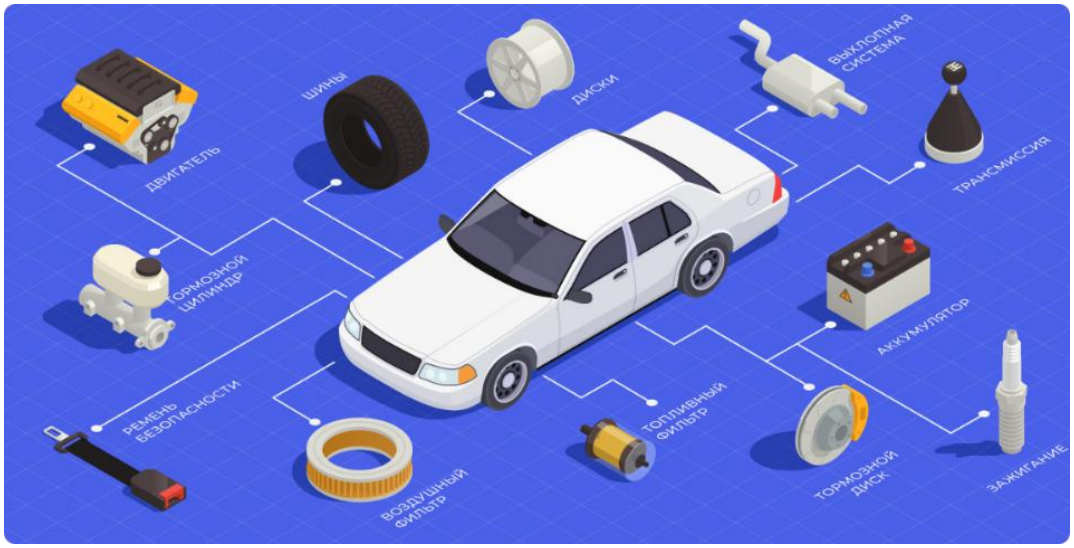


Рисунок 4. Основные услуги мобильного автосервиса

- Электрика и электроника. Решение проблем с проводкой, датчиками и электронными системами управления автомобилем.

- Эвакуация и помощь на дороге. В случае поломки мы поможем доставить ваш автомобиль до ближайшего сервиса или предоставим необходимую помощь на месте. Средняя стоимость услуг мобильного автосервиса (рисунок 5) составляет 3 000 руб.

Организационная структура мобильного автосервиса определяет распределение ролей и обязанностей внутри компании, что помогает обеспечить эффективное управление и координацию работы. Приведен пример организационной структуры мобильного автосервиса на рисунке 6. Эта структура обеспечивает четкое разделение обязанностей и эффективную координацию работы всех сотрудников, что способствует успешному функционированию мобильного автосервиса.



Рисунок 5. Средняя стоимость услуг мобильного автосервиса



Рисунок 6. Организационной структуры мобильного автосервиса

Технологическая схема мобильного автосервиса описывает процесс оказания услуг от момента поступления заявки до завершения работы. Она помогает упорядочить операции и улучшить эффективность работы. Вот пример технологической схемы:

1. Прием заявки:
- Клиент звонит или оставляет заявку через сайт/мобильное приложение.
- Диспетчер фиксирует данные о клиенте, автомобиле и требуемой услуге.
- Согласовывается время и место встречи.
2. Подготовка к выезду:
- Механик получает задание от диспетчера.
- Подготавливается необходимое оборудование и инструменты.
- Проверяется наличие запчастей и расходных материалов.
3. Выезд на объект:
- Механик выезжает на указанное место.
- Прибытие на объект фиксируется в системе учета.
4. Диагностика и оценка:
- Проведение первичной диагностики автомобиля.
- Определение объема необходимых работ.
- Согласование с клиентом стоимости и сроков выполнения работ.
5. Выполнение работ:
- Механик приступает к выполнению запланированных операций.
- Регулярная проверка качества выполнения работ.
6. Завершение работ:
- После окончания работ проводится финальная проверка автомобиля.
- Оформляется акт выполненных работ и передается клиенту.
7. Оплата услуг:
- Клиент оплачивает услуги наличными, банковской картой или другим удобным способом.
- Данные об оплате вносятся в систему учета.
8. Обратная связь:
- По желанию клиента может быть проведена обратная связь для оценки качества оказанных услуг.
- Результаты обратной связи учитываются для улучшения работы сервиса.

Такая схема помогает организовать рабочий процесс мобильного автосервиса таким образом, чтобы максимально эффективно использовать ресурсы и обеспечивать высокое качество обслуживания клиентов.

В результате проведенного экономического расчета предложенного проекта станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса (таблица 2), срок окупаемости капитальных вложений составит 3,6 года.

Таблица 2

Технико-экономические показатели проекта станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса

Показатель	По проекту
Трудоёмкость работ подразделения, чел.-час.	3920
Среднемесячная заработная, руб./мес.	65000
Накладные расходы, руб.	3697356
Предполагаемый доход, руб.	9800000
Чистая прибыль, руб.	6102644
Капитальные вложения, руб.	23239776
Срок окупаемости капитальных вложений, лет.	3,63

Выводы

Таким образом сформулированы общие выводы по проектированию станции технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей с функцией мобильного автосервиса представляет собой целостный и обоснованный подход к решению актуальных задач в сфере автосервиса. Реализация предложенного проекта сможет не только улучшить качество обслуживания, но и увеличить экономическую эффективность работы предприятия, а также повысить его репутацию на рынке услуг.

Список литературы

1. Волгин, В. В. Мобильный автосервис : практическое пособие / В. В. Волгин. — 3-е изд. — Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. - 200 с. ISBN 978-5-394-02290-6.

2. Компоновка специализированного автомобиля для проведения авторемонтных работ / Нестеренко Г.А., Лукьянцева О.С., Железняк С.А., Корабельников М.В. // Современные инновации. 2016. № 5 (7). С. 10-12. ISSN: 2412-8244.

3. Многофункциональные зоны придорожного сервиса / Филонова Ю.С., Трофименко Ю.В. // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 2-3. С. 101-103. ISSN: 2500-3402.

4. Обоснование проекта реконструкции производства автосервисной компании / Нафикова С.И. // Инновационная экономика. Материалы Региональной научной конференции-школы для молодежи. 2018. С. 34-38. ISBN: 978-5-4221-1213-5.

5. Проект станции технического обслуживания автомобилей / Гарифуллин Р.Э. // Advances in Science and Technology. Сборник статей XXIX международной научно-практиче ской конференции. 2020. С. 80-81. ISBN: 978-5-6044774-0-3.

6. Проект станции технического обслуживания для грузовых автомобилей / Имайкин Р.Р. // Молодежная наука 2021: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и обучающихся, посвященной Году науки и технологий в Российской Федерации. Пермь, 2021. С. 194-196. ISBN: 978-5-94279-524-5.

7. Проект станции технического обслуживания легковых автомобилей Мастюгин В.А., Александров В.А. // Молодежь и наука. 2016. № 5. С. 127. eISSN: 2308-0426.

8. Разработка проекта мобильного автосервиса / Шаповалов В.Д., Бишутин С.Г. // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса. Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 162-166. ISBN: 978-5-00196-204-5.

9. Станция технического обслуживания и ремонта автомобилей, как конкурентоспособная услуга / Губин А.В., Таипова Э.Х. // Научно-аналитический экономический журнал. 2017. № 9 (20). С. 1. EDN: WUKXAP.

10. Целесообразность использования мобильных станций технического обслуживания / Нестеренко Г.А., Лукьянцева О.С. // Высшая школа. 2016. № 9-2. С. 106-107. ISSN: 2409-1677.

References

1. Volgin, V. V. Mobile car service: a practical guide / V. V. Volgin. - 3rd ed. - Moscow: Publishing and trading corporation "Dashkov i K°", 2016. - 200 p. ISBN 978-5-394-02290-6.

2. Layout of a specialized vehicle for carrying out auto repair work / Nesterenko G. A., Lukyanceva O. S., Zheleznyak S. A., Korabelnikov M. V. // Modern innovations. 2016. No. 5 (7). Pp. 10-12. ISSN: 2412-8244.

3. Multifunctional roadside service zones / Filonova Yu. S., Trofimenko Yu. V. // Scientific review. Pedagogical sciences. 2019. No. 2-3. Pp. 101-103. ISSN: 2500-3402.

4. Justification of the project for the reconstruction of the production of a car service company / Nafikova S.I. // Innovative Economy. Materials of the Regional Scientific Conference-School for Youth. 2018. Pp. 34-38. ISBN: 978-5-4221-1213-5.

5. Project of a car service station / Garifullin R.E. // Advances in Science and Technology. Collection of articles from the XXIX international scientific and practical conference. 2020. Pp. 80-81. ISBN: 978-5-6044774-0-3.

6. Project of a service station for trucks / Imaykin R.R. // Youth Science 2021: technologies, innovations. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists, postgraduates and students dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation. Perm, 2021. pp. 194-196. ISBN: 978-5-94279-524-5.

7. Project of a passenger car service station Mastyugin V.A., Aleksandrov V.A. // Youth and Science. 2016. No. 5. p. 127. eISSN: 2308-0426.

8. Development of a mobile car service project / Shapovalov V.D., Bishutin S.G. // Promising directions for the development of the motor transport complex. Collection of articles of the XVII International scientific and practical conference. Penza, 2023. pp. 162-166. ISBN: 978-5-00196-204-5.

9. Car service and repair station as a competitive service / Gubin A.V., Taipova E.Kh. // Scientific and analytical economic journal. 2017. No. 9 (20). P. 1. EDN: WUKXAP.

10. Feasibility of using mobile service stations / Nesterenko G.A., Lukyanceva O.S. // Higher school. 2016. No. 9-2. P. 106-107. ISSN: 2409-1677.

Tkacheva Y.S.

PROJECT OF A MAINTENANCE AND REPAIR STATION FOR PASSENGER VEHICLES WITH A MOBILE CAR SERVICE FUNCTION

Abstract*. The article is devoted to the issues of organizing a service station and repair of passenger cars with the function of a mobile car service. Automotive maintenance and repair are becoming more scientific and labor-intensive processes, requiring sophisticated*

technological equipment and personnel. This production structure is implemented in the form of a car maintenance and repair station with a mobile car service function. Investments in opening a service station with a mobile car service function will pay off in 3.6 years from the opening of the service.

***Keywords**: maintenance, project, mobile car service, car repair, mobile workshop, efficiency.*

Сведения об авторах:

Ткачева Яна Сергеевна
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп, заведующая кафедрой автомобильного транспорта,
канд. экон. наук., доцент,
e-mail: tkachev4@mail.ru.

Information about the authors:

Tkacheva Yana Sergeevna
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Maikop State Technological University", Maikop,
Head of the of the Department of Automobile Transport,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
e-mail: tkachev4@mail.ru.

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 656.025

Глинский В.А.

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕРМИНАЛЬНО-СЕТЕВОЙ КОНЦЕПЦИИ СИНХРОМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. *В статье представлен сравнительный агрегированный анализ трех основных форматов смешанных перевозок грузов - интер/мульти/синхромодальных. Показано, что синхромодальные перевозки (ST - Synchromodal transportation) являются новым этапом эволюции мультимодальных перевозок и расширением их формата на основе сетецентрического управления (СЦУ) логистикой транспортно-терминальной сети (ТТС). СЦУ может стать стержневым элементом концепции синхромодальных перевозок. Приводится вариант агрегированного определения ST, в котором наиболее информативными признаками (MDF - main distinguishing feature) обозначены понятия «триединства» ТТС и принципы сетецентрического управления.*

Ключевые слова: *оператор смешанной перевозки (ОСП), сетецентрическое управление, интероперабельность, транспортно-терминальная сеть, Физический интернет (Physical Internet - PI/π), агрегированная формулировка синхромодальных перевозок.*

Постановка задачи

Агрегирование признаков различных видов смешанных перевозок — это укрупнение разнородных показателей и объединение их в «основную подсистему» признаков MDF (main distinguishing feature). Это позволяет выявить ключевые (наиболее информативные) классификационные признаки, т.е. осуществить переход к более крупным по отношению к исходным единицам описания – основным подсистемам. Агрегирование позволяет исключить при классификации субъективные признаки, выделив главные, характерные для всей совокупности описываемого класса. В статье ставится задача выявления ключевых признаков трех форматов смешанных перевозок (СП) - интер/мульти /синхромодализма.

Анализ последних исследований

Доставка грузов «от двери до двери» может быть реализована экспедитором по двум вариантам (рисунок 1): в формате классического экспедитора-комиссионера на основе договора экспедирования с грузовладельцем (теория сети), либо экспедитором в роли контрактного перевозчика (ОСП – оператора СП) на основе документа смешанной перевозки (ДСП) по теории единства [1 - 3].

По теории сети (интермодальная перевозка – ИП) при переходе груза с одного вида транспорта на другой происходит смена правового режима одного вида транспорта (транспортной моды) на правовой режим другой транспортной моды (верхний ряд a – рисунок 1). По теории единства (мультимодальная перевозка - ММП) с точки зрения грузовладельца правовой режим СП постоянен (нижний ряд b - рисунок 1).

Интермодальные перевозки (рисунок 1, а) осуществляют несколько компаний-перевозчиков. При смене транспортной моды ответственность за груз переходит следующему перевозчику. Интермодальные перевозки производятся разными транспортными средствами, а грузовладелец выступает в роли заказчика (Принципала) для «фактических перевозчиков» и от своего имени заключает с ними договора перевозки (рисунок 1, а), подписывая каждую накладную (CMR, BL, СМГС, AWB).

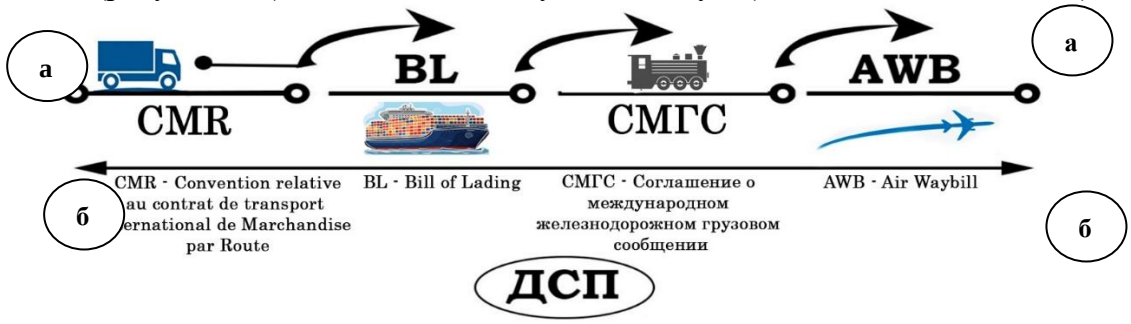


Рисунок 1. Документ смешанной перевозки (ДСП) при реализации единого правового режима мультимодальной перевозки

ММП (рисунок 1, б) для грузовладельца реализуется в рамках единого правового и информационного режима «нейтральной среды» ДСП [1, 2], на основе чего в ТТС возникает возможность для ОСП извлекать эффект от консолидации по формуле «домашняя накладная – ОСП – мастер-накладная» за счет консолидационной скидки в тарифе мастер-накладной.

Задача данной работы состоит в поэлементном анализе нового (расширенного) формата ММП теории сети - синхромодальной перевозки (ST) [4 - 15]. Практическая значимость и актуальность статьи состоит в обосновании значения принципов сетецентрического управления (СЦУ) [16 - 19] в становлении качественно нового единого информационного пространства (ЕИП) в формате ST, что формирует взаимовыгодную возможность для всех членов сети извлекать синергетический эффект при консолидации за счет интероперабельности и проактивности.

Методологическую основу работы составляют анализ и синтез принципиально новых возможностей сетецентрического управления при внедрении в концепцию ST.

Цель работы

Цель данной работы заключается в проведении сравнительного анализа общих элементов теории сети и теории единства и выявлении при этом, принципиальных отличий данных подходов по организации терминально-сетевых доставок грузов.

Основная часть

1. Интермодальные контейнеры ISO (теория сети)

Технологические предпосылки формирования смешанных перевозок (интер/мультимодальный формат) и документа смешанной перевозки (ДСП) исходят к внедрению универсальных контейнеров TEU (Twenty-foot Equivalent Unit, «двадцатифутовый эквивалент») и пакетных перевозок ULD (unit load device) в транспортно-терминальную сеть доставки (рисунок 2).

Международная организация по стандартизации (ISO) выпустила стандарты, основанные на стандартах Министерства обороны США, между 1968 и 1970 годами.



Рисунок 2. Схема построения транспортно-терминальной сети (ТТС) по принципу «Hub-and-spoke»

Контейнеры, также известные как интермодальные контейнеры или контейнеры ISO. Стандартные контейнеры имеют ширину 2,44 м (8 футов) и высоту 2,59 м (8 футов) или 2,90 м (9 футов). Наиболее распространенные длины – 6,1 м (20 футов), 12 м (40 футов). Также существуют и другие длины 14 м (45 футов), 15 и 16 м (48 и 53 фута) [20].

Дальнейшее дробление TEU-стандарта связано с запросами «теории единства» на консолидацию грузов, т.е. вне интермодального формата. К примеру, контейнеры ISO заложили основы развития концепции фрактальности тары Физического интернета (Physical Internet - PI/π) – кратности типоразмеров π-контейнеров с широким потенциалом укрупнения их в каркасной формы (фреймы) при консолидации грузов (инкапсуляция) [16, 21]. Автор работы [21] в рамках концепции PI/π предложил использовать транспортный π-контейнер (заменяет паллеты) с размером кратным 1,2 м и грузовой π-контейнер (замена коробок, ящиков), а также упаковочные π-контейнеры (с функциями потребительской упаковки). PI-контейнеры данных размеров формируют универсальный фрейм- контейнер TEU-стандарта («каркас»), образованный малыми грузовыми единицами (фракталами). Подразумевается, что фракталы будут оснащены интеллектуальной технологией, позволяющей контролировать каждую единицу продукции.

Таким образом, интермодальные грузовые перевозки подразумевают перевозку грузов в контейнере ISO или ULD с использованием нескольких видов транспорта без какой-либо обработки самого груза при смене правового режима транспортной накладной. Поэтому, с точки зрения терминологии, следует признать справедливым часто используемое отождествление интермодальных перевозок с контейнерными перевозками. Контейнеризация облегчает погрузочно-разгрузочные операции, повышает безопасность, уменьшает ущерб и потери. Грузовладельцу отводится роль заказчика (Принципала) для каждого «фактического перевозчика» и подписание множества накладных от своего имени. Экспедитор-комиссионер (таблица 1) [1-3], несмотря на отсутствие серьезных обязательств перед грузовладельцем, также испытывает ряд неудобств: риск неуплаты вознаграждения; фактическая невозможность извлекать экономические плюсы от консолидации.

Таблица 1

Сравнение деятельности «классического» экспедитора и ОСП

Разделы, подлежащие сравнению	«Классический» экспедитор (комиссионер)	Оператор смешанной перевозки перевозчик («по договору»)
Концепция логистики	Теория сети предполагает передачу груза от одного перевозчика другому при смешанном (интермодальном) режиме, когда груз принимает тот транспортный кодекс, который соответствует виду транспорта данной стадии перевозки. Требует переоформления грузовладельцем накладных в узлах ТТС. Недостатки: сложности мониторинга груза и претензионной работы; невозможность консолидации грузов в узлах ТТС.	Теория единства [1] предполагает, что при смешанных перевозках (СП) будут действовать единые условия перевозки, не изменяющиеся при переходе груза с одного вида транспорта (транспортной моды) на другой. СП (мультимодальные) юридически формируют «новый вид транспорта» - смешанные перевозки».
Транспортный режим	Интермодальная перевозка (ИП) - перевозка товаров последовательным использованием по меньшей мере двух различных способов без изменения единицы груза в ходе транспортной цепочки. ИП формируют транспортную цепочку, которая является эффективной при эксплуатации, экологичной и устойчивой. Грузовая единица не меняется при перевозке.	Мультимодальные перевозки (ММП) можно рассматривать как эволюцию интермодальных перевозок, которая обеспечивает дополнительную гибкость и надежность на основе ДСП, предполагая извлечение эффекта от консолидации в интересах всех участников торгово-транспортной операции (ТТО).
Функционал	Посредник-комиссионер, который от имени и в интересах клиента по Поручению экспедитору FFI (договору комиссии) находит и привлекает третьих лиц, способных выполнить услуги по перевозке груза от имени грузовладельца.	Контрактный перевозчик (ОСП) принимает груз в свое ведение, выступая в роли перевозчика по договору, и непосредственно выполняет весь спектр услуг по перевозке, привлекая от своего имени третьих лиц.
Документы	Договор экспедирования в форме поручения экспедитору (FFI).	ДСП в виде проформ FIATA (FBL, FWB, NAWB) [1, 2]. Оплата оператору производится сразу после оформления ДСП.
Источник дохода (комиссионер)	Процент от продажного тарифа организованных /оказанных им услуг в соответствии с договором. Взаиморасчет после оказания услуг.	Разница между тарифом домашнего ДСП и сквозного тарифа, полученного при консолидации груза.
Ответственность	За перевозку не отвечает, отвечает за своевременную организацию тех участков ТТО, которые прописаны в договоре (поручении экспедитору) экспедирования (FFI).	Единая полная ответственность за доставку груза ГП, ответственность перед ГО в соответствии с договором (ст.795 ГК РФ)

2. Концепция «триединства» мультимодальных перевозок (теория единства)

Выше указано, что мультимодальная перевозка (рисунок1b) для грузовладельца реализуется в рамках единого правового режима ДСП [1, 2]. При этом тип фактически привлеченных мод не важен - в нашем примере – это автомобильная, морская, ЖД и авиационная моды (рисунок1). ДСП удостоверяет договор смешанной перевозки оператора ОСП с грузовладельцем - принятие груза оператором ОСП в своё ведение и обязательство доставить груз в соответствии с условиями этого договора. Концепция теории единства и правовое содержание ДСП были определены Конвенцией ООН «О международных смешанных перевозках грузов» в 1980 г. [1, 2].

Мультимодальная перевозка (ММП) позволяет реализовать следующие преимущества этого способа, именуемого «триединством»: действует общий (единый) сквозной тариф, не подлежащий коррекции для грузоотправителя; очевидная выгода состоит в одинаковом (едином) правовом статусе транспортных мод, используемых во время поставок и возможных претензионных действий. Правила перевозки предусматривают создание одного (единого) транспортного документа, который используется на всем протяжении маршрута; полноту юридической ответственности несет единая структура в виде оператора, с которым подписал соглашение грузоотправитель.

Концепция «триединства» – основная отличительна черта MDF (main distinguishing feature) мультимодальных перевозок от интермодальных, в которой сформулирована идея трансформации классического экспедитора (комиссионера) в единственного для Клиента (грузовладельца) «договорного перевозчика», что предоставляет членам ТТС воспользоваться плюсами консолидации (Таблица 1). Более того, «триединство» [2, 3] юридически превращает мультимодальные перевозки «в новый вид транспорта», где есть: условия ММП, разработанные ФИАТА и прописанные в ДСП; собственный сквозной тариф; «смешанный перевозчик» - ОСП.

Структура ТТС строится по иерархическому принципу «Hub-and-spokes» (H&S), топология которой предполагает организацию движения линейных контейнерных поездов (на Международных транспортных коридорах), работающих по расписанию (рисунок 2) [22]. Узлами сети являются терминалы, дугами – маршруты перевозок различных транспортных мод. Под мобильными терминалами ТТС подразумевают венчурные (пробные) терминалы в развивающихся кластерах сети [6, 7].

ТТС (рисунок 2) может стать основой для построения маршрутов [1 - 3], что упростит распределение грузопотоков между региональными кластерами. Таблица 1 иллюстрирует сравнительный анализ концепций теории сети и теории единства.

ДСП в форме домашней накладной используется многими ОСП в качестве документа мультимодальной перевозки. Выдавая документ, оператор (как контрактный перевозчик – таблица 1) принимает на себя ответственность за осуществление контракта на перевозку, за утрату или повреждение груза и просрочку в его доставке.

Таким образом, концепция триединства – основная отличительная черта MDF мультимодальных перевозок от интермодальных. При обслуживании грузоотправителей узловой грузовой агент выдает каждому из них ДСП в форме домашней накладной, выступая перед ними в роли единственного «контрактного перевозчика». После консолидации грузов по направлению грузовой агент «покупает» консолидированную перевозку у соответствующего перевозчика (на проформе мастер-накладной). При этом формируется дуализм экспедитора ТТС, когда он остается исполнителем для грузовладельца по нейтральной домашней накладной (с логотипом транспортно-терминальной сети) [18], но выступает Принципалом для фактических перевозчиков (рисунок 1), на основе чего в ТТС возникает возможность для всех членов сети извлекать эффект от консолидации, извлекаемой ОСП по формуле «домашняя накладная – ОСП – мастер-накладная» [1 - 3, 18].

3. Синхромодальные перевозки (ST)

Суть нового откорректированного и расширенного формата мультимодализма синхромодальных перевозок (ST - Synchromodal transportation) основана на учете условий выбора каждого последующего вида транспорта в режиме реального времени и меняющихся требований распределенной логистической цепи (Mesh-сети) в зависимости от текущих факторов заинтересованности членов ТТС в сетевой консолидации [4 - 9]. Основное различие в рамках общей для обоих подходов теории сети между мультимодальными и синхромодальными перевозками в том, что, во-

первых, заказчик указывает только цель, а, во-вторых, выбор транспортного средства, маршрута и времени доставки осуществляет проактивный узловой логистический оператор, располагающий грузом в текущий момент времени.

В будущем синхромодальная перевозка (ST) при реализации проекта Physical Internet (PI/π) [21] предполагает размещение товаров в умных, экологичных и модульных контейнерах размером от морского контейнера до небольшой коробки, т.е. управление исключительно контейнерами, а не физическими товарами напрямую. Развитие терминально-сетевого способа нового формата синхромодальных перевозок (ST) с учетом динамической маршрутизации (связанной с узловой консолидацией) и мультиагентных технологий превращает внедрение типоразмерного ряда универсальных модульных π-контейнеров [1, 4, 21] в актуальную задачу синхромодализма при трансформации ST в PI/π.

Ключевая задача организационного обустройства ТТС ST состоит в:

- интероперабельности (способности членов ТТС к обмену и использованию информацией) - объединения всех участников торгово-транспортной операции (ТТО) в единое информационное пространство (ЕИП);

- адаптивности ТТС (способности системы видоизменяться);

- проактивности ТТС (способности мультиагентов самостоятельно инициировать действия) с преобразованием ТТС на базе цифровых логистических платформ (ЦЛП).

Агрегирование ST состоит в представлении многообразия свойств ST в упрощённом виде, с небольшим, но исчерпывающим числом параметров СЦУ, а именно, трех вышеуказанных: нтероперабельности, адаптивности и проактивности.

В основе обеспечения интероперабельности лежит использование информационных стандартов [16, 17, 23]. Проблема обеспечения интероперабельности имеет фундаментальное значение для развития теории построения сетецентрических информационно-управляющих систем полимодальной ТТС. Суть СЦУ заключается в проявлении новых инструментов теории единства, таких как цифровые логистические платформы (ЦЛП), логистические экосистемы, мультиагентные технологии, что способствует формированию развитого единого информационного пространства (ЕИП); позволяет оптимизировать взаимодействие участников ТТС и повысить синергию сетевых логистических операций (Рисунок 3).

СЦУ подразумевает формирование в ТТС определяющих признаков ST: нтероперабельности, адаптивности и проактивности. На рисунок 3 выделено (агрегировано) 11 основных элементов - 11 «нот» сетецентрического управления в ST (Synchromodal transportation). Инкапсуляция в каркасные формы (фреймы) при консолидации грузов, как технологическая новинка Физического интернета («12-ая нота ST»), в совокупности с принципами сетецентрического управления [23] открывает эффективные (синергетические) приемы консолидации товаров интеллектуальными грузовыми агентами в узлах транспортно-терминальной сети ТТС с использованием единого транспортного документа (ДСП). Совокупность иных признаков СЦУ в ТТС ST малоинформативна.

В работах [10 - 12] указано, что сетецентрическое управление (СЦУ) – это метод организации логистических процессов, основанный на формировании распределенной ТТС взаимодействующих участников. «Нейтральное» ЕИП ТТС ST способно к обмену информацией и поддерживается платформенными решениями, что даёт возможность узловым агентам сети корректировать свои действия в режиме реального времени.

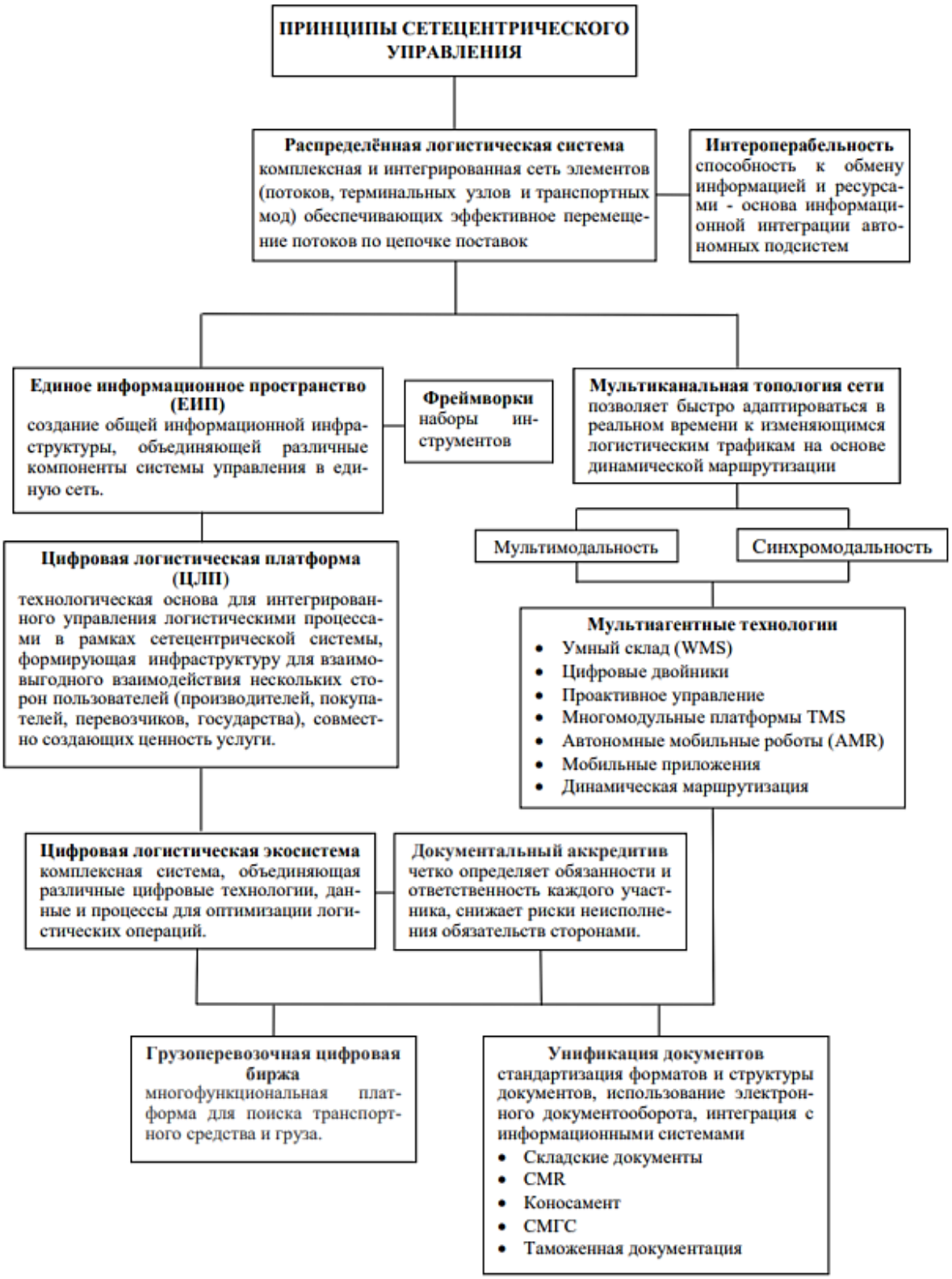


Рисунок 3. Агрегированные принципы сетецентрического управления в синхромодальных перевозках ST

Ключевой задачей такого усовершенствования логистической системы ТТС ST является синергетический эффект от перехода к взаимовыгодному сетевому сотрудничеству в интересах всех участников ТТС. Сетецентрический подход позволит оптимизировать использование единого информационного пространства (ЕИП) на базе интероперабельности, адаптивности, проактивности и инструментария цифровых платформ (рисунок 3).

Принципы СЦУ в ST – основная отличительная черта MDF (main distinguishing feature) синхромодальных перевозок от мультимодальных.

4. Синхромодальная транспортировка (ST) сетецентрческого класса

В синхромодальных перевозках (ST) синергетический эффект усиливается за счет внедрения принципов СЦУ. Действительно, ST - это расширение формата мультимодальных перевозок (таблица1), ориентированное на сотрудничество между различными участниками логистической цепи. В основе эффективности СЦУ смешанными перевозами (формата ST) лежит синергия, когда совместные усилия узловых агентов и сетевых перевозчиков в ЕИП распределенной ТТС дают более значимый результат, чем, если бы каждый из них действовал по отдельности [17, 19, 22 -24].

Важно отметить, что сетецентрическое управление [17, 21] включает в себя сети автоматизированного сбора и обработки информации; узлы хранения и анализа информации; контуры управления и принятия решений, которые на базе цифровой платформы совокупными усилиями создают единое информационное пространство (ЕИП) для эффективной консолидации грузов в «нейтральной сети» узловых грузовых агентов. Сетецентрические системы управления ST характеризуются слабой иерархией организационной структуры, автономностью узловых агентов, принципами открытости, самоорганизации, способностью агентов в динамическом режиме инициировать цели.

Представленная нами в графическом виде модернизированная концепция ТТС ST (рисунок 4) объединяет все элементы системы терминальной доставки грузов в единое информационное пространство (ЕИП), обеспечивающее беспрепятственный обмен информации между всеми участниками системы, формируя «нейтральную среду» ТТС ST, основанную на принципах открытости, самоорганизации, ограниченной иерархии.

Помимо СЦУ в ST существенным отличием синхромодальных перевозок от других разновидностей смешанных сообщений состоит в использовании специальных цифровых технологий и платформ для планирования и координации перевозочного процесса в режиме реального времени. Рисунок 4 наглядно иллюстрирует, что эффективность СЦУ синхромодальными перевозками ST обусловлена адаптивностью ST; проактивностью; интероперабельностью. В части мониторинга, документооборота и взаиморасчетов в ТТС ST значимо сочетание блокчейна с интернетом вещей IoT и инструментарием интеллектуальных отправок [25]. Составляющими мультиагентной ТТС ST могут быть грузовые агенты-экспедиторы узловых терминалов, компьютерные программы, роботы, смешанные ситуационные решения [26].

Каждому участнику ТТС ST (рисунок 4) ставится в соответствие программный агент. Интеллектуальные агенты ST должны быть способны работать в условиях частичной неопределенности. В перспективе поток интеллектуальных отправок с заменой штрихового кода на электронные знаки (встроенные в упаковочный материал чипы) представляется основной инновацией очередного этапа развития ST.

Таким образом, ТТС ST содержит все продуктивные элементы сетецентрических систем управления [27].

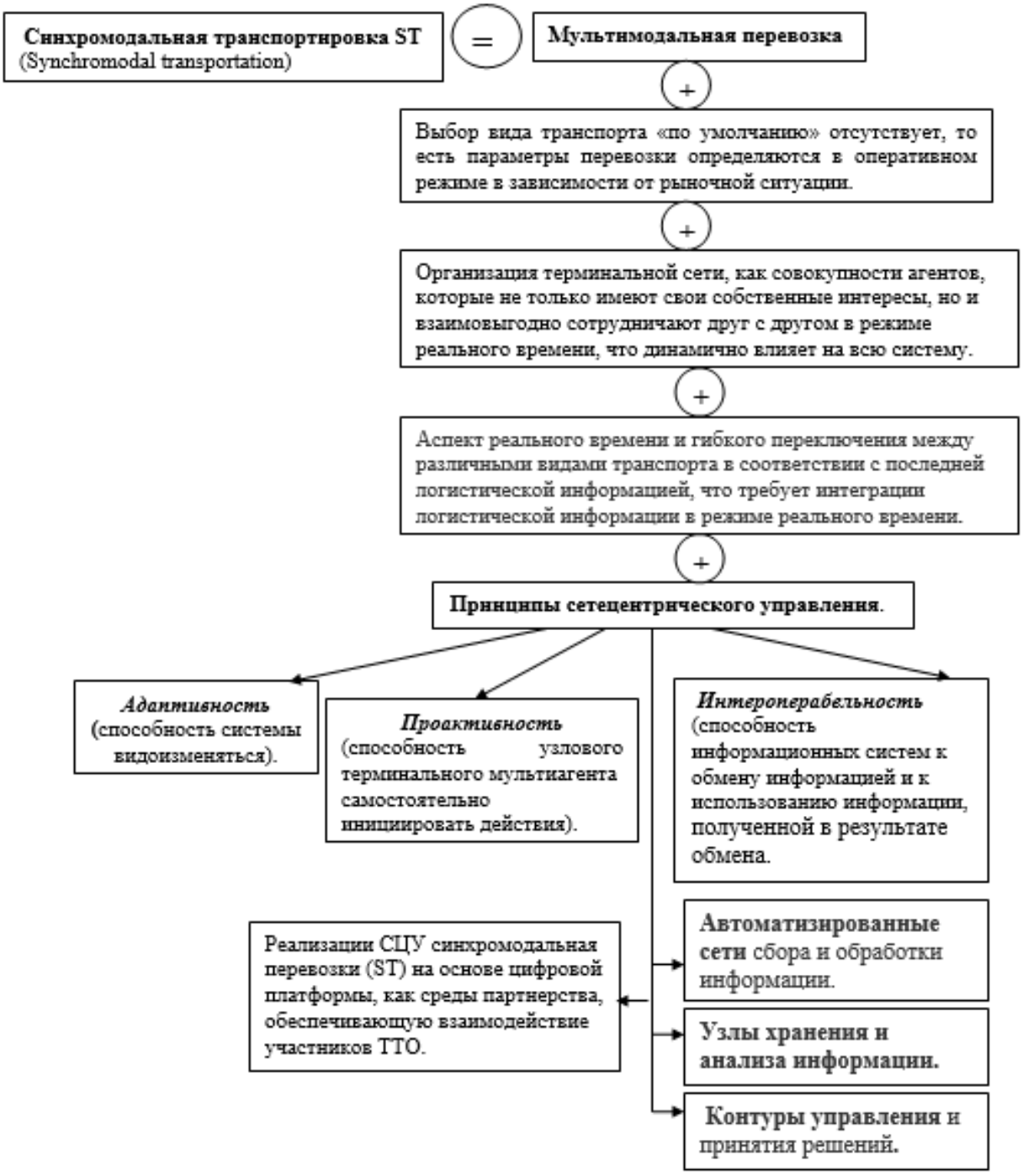


Рисунок 4. Синхромодальная транспортировка (ST) сетецентрического класса

5. Эффект синергии в ТТС ST

Рассмотрим пример, проясняющий эффект синергии в ТТС. Пусть два узловых агента транспортно-терминальной сети (ТТС) производят логистические услуги УА и УВ по цене СА и СВ группам клиентов РА, РВ (количество клиентов). Будем считать, что каждая из групп клиентов заинтересована в потреблении и услуги УА, и услуги УВ.

В результате сетецентрического объединения агентов [24] в ТТС каждая услуга будет продаваться и группе клиентов РА, и группе клиентов РВ. До объединения компаний суммарный доход обеих компаний будет равен:

$$V_0 = CA \times PA + CB \times PB. \quad (1)$$

После объединения компаний суммарный доход будет равен:

$$V_S = CA \times (PA + PB) + CB \times (PA + PB). \quad (2)$$

Отсюда видно, что суммарный доход двух-узловой сети будет:

$$V_S = V_0 + (CA \times PB + CB \times PA). \quad (3)$$

Второе слагаемое формулы (3) является эффектом синергии. Чтобы охарактеризовать эффект синергии, удобно ввести индекс синергии:

$$\mu = 1 + (CA \times PB + CB \times PA) / V_0. \quad (4)$$

Тогда индекс синергии определяется формулой:

$$\mu = V_S / V_0. \quad (5)$$

В случае наличия эффекта синергии в ТТЛ показатель будет больше 1, при отсутствии этого эффекта показатель будет равен 1, т.е. никакой дополнительной стоимости от слияния узловых агентов не возникнет.

Синергетический эффект смешанных перевозок (СП) формата ST базируется на консолидации. Заказчики (отправители) указывают только цели (получателей), к которым его грузы должны быть доставлены. Выбор маршрута и времени доставки осуществляет текущий узловой логистический оператор, информируя заказчиков.

Таким образом, синхромодальная перевозка ST – это мультимодальная перевозка, организуемая в едином информационном пространстве – с расширением мультимодального формата на основе принципов СЦУ для переключения работы в режиме реального времени [17].

Подводя итог, сформулируем итоговые, на наш взгляд, основные критические факторы успеха (CSF – Critical Success Factors [28]) синхромодальной логистики ST (Таблица 2).

Таким образом, в статье представлена модернизированная концепция синхро/мультимодальных перевозок (рисунок 4), основанная на объединении (эмерджентность) всех элементов распределенной системы терминальной доставки грузов в ЕИП на принципах триединства с внедрением сетецентрического управления, порождая новое качество синергитической структуры ST. Проектируемая многослойная структура управления транспортно-терминальной сети ST включает иерархическую топологию ТТСпо принципу H&S [22], внедрение фрактальных π-контейнерных технологий, предполагающих организацию гибкогодинамического расписания.

Таблица 2

Основные критические факторы успеха CSF синхромодальной логистики ST

CSF(Critical Success Factors)	Суть критических факторов успеха CSF	Технологии, обеспечивающие CSF (таблица 3)
Сеть (СЦУ-сетецентрическое управление [21])	Заинтересованное сотрудничество участников ТТО, доверие сторон, взаимовыгодное интегрирование подсистем сети	2, 4, 6
Сложное планирование мультиагенской сети	Динамического планирования в режиме реального времени с учетом структурной топологии транспортно-логистической сети (ТЛЦ)	1, 2, 3, 4, 5, 6
Конфигурация сети	Создание интеллектуальных узлов и межузловых коридоров и оптимальной топологии	1, 2, 3, 5,
Правовая основа. Внедрение концепции триединства	Межправительственные транзитные и таможенные соглашения нейтральной среды мультимодального альянса ТЛЦ с использованием ДСП. Концепция триединства предполагает возможность проведения консолидации	1, 2, 3, 4, 6
Осведомленность с принципами синхромодальной логистики	Сосредоточенность Клиента только на основных решениях: - место доставки; - ожидаемое время прибытия; - затраты.	1, 3, 6
Ценообразование	Ценообразование сложным образом зависит от режимов, избираемых в режиме реального времени.	2, 3, 4, 5, 6

Таблица 3

Технологии, обеспечивающие CSF

№	Технологии, обеспечивающие CSF
1.	Прослеживаемость, в том числе идентификация при сборе данных о грузах, а также учет выполненных операций (GPS-трекинг, RFID-метки, многофункциональные датчики, технология блокчейна);
2.	Интеллектуальные системы и цифровые двойники, предназначенные для интеграции физического и цифрового миров при оптимизации и моделировании (экспертные системы, расчётно-логические системы, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы, Мультиагентные системы);
3.	Анализ данных в цепях поставок для прогнозирования потоков товаров с точки зрения затрат и уровня обслуживания (прогнозирование спроса, оптимизация маршрута управление рисками, математическое моделирование, статистический анализ, машинное обучение, искусственный интеллект и другие);
4.	Оптимизация при использовании ресурсов на разных уровнях в реальном времени (стратегическом, тактическом и оперативном);
5.	Моделирование при поддержке принятия решений (имитационное моделирование, математическое моделирование, визуальное моделирование);
6.	Платформы интеграции для заинтересованных сторон для обмена данными и бизнес-взаимодействия (Astera Data Stack, Almaz ETL, «Планета. Интеграция», WebJack).

Выводы

1. Проведен сравнительный анализ двух вариантов реализации смешанной перевозки экспедитором: в формате классического экспедитора-комиссионера на основе договора экспедирования с грузовладельцем по теории сети (интермодальная перевозка) и в формате контрактного перевозчика ОСП – по теории единства (мультимодальная перевозка).

2. Отмечено, что дверная мультимодальная доставка основана на концепции «триединства» функций контрактного перевозчика ОСП: единый центр ответственности – ОСП; единый перевозочный документ – ДСП; единый сквозной тариф.

3. Каждый элемент концепции «триединства» совместно с СЦУ формирует новую логистическую практику ТТС ST в интересах всех ее участников, основанную на переходе экспедитора в правовое поле интероперабельного и проактивного контрактного перевозчика, что открывает возможность извлекать синергетический эффект всем участникам ТТС от консолидации грузов.

4. Единое информационное пространство ST формируется закрытой корпоративной сетью внутренних информационных ресурсов «нейтральной среды» ТТС ST (Intranet), которая может быть расширена во внешнюю среду через Extranet, сохраняющую высокую степень цифровой защищенности данных.

5. В основе сетецентрической парадигмы мульти/синхромодального ТТС лежит синергия, формирующая новую коммерческую практику коммерческой логистики в направлении взаимовыгодного сотрудничества всех участников сетевого объединения.

6. Проведенное исследование позволило сформулировать следующее определение ST. Синхромодальная перевозка ST – это мультимодальная перевозка, организуемая в распределенной транспортно-терминальной сети – с расширением мультимодального формата концепции «триединства» на основе принципов сетецентрического управления (интероперабельности, адаптивности, проактивности и инструментария платформенных решений) для работы в сети в режиме реального времени с целью извлечения взаимовыгодного синергетического эффекта от консолидации грузов для всех участников сети.

Список литературы

1. Джонс Питер. Руководство FIATA «Правовое обеспечение экспедирования грузов» // Минск: ООО «Белфарпост», 1998. – 240 с.

2. Палагин Ю. И., В. А. Глинский, А. И. Мочалов. Интермодальные транспортно-логистические процессы: экспедирование, технологии, оптимизация: Уч. пособие // СПб.: Политехника, 2019. – 368 с. ISBN 978-5-7325-1141-3.

3.Транспортно-логистические системы перевозки грузов: учебник для вузов // под общей ред. Е.Е. Шведова. — СПб.: ИЦ «Интермедия» 2019. – 288 с. ISBN 978-5-4383-0190-5.

4. Куренков П.В., Котляренко А.Ф. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении: экономика, логистика, управление / - Самара: СамГАПС, 2003.- 636 с. ISBN: 5-901267-36-2.

5. Колик А.В. Комбинированные железнодорожно-автомобильныеперевозки в цепях поставок // – Москва: изд-во «Техполиграфцентр», 2018. – 301 с. ISBN: 978-5-94385-143-8.

6. Астафьев А.В. Синхромодальность, интермодальность, мультимодальность, трансмодальность и тримодальность смешанных перевозок // Вестник транспорта. – 2018. – № 8. – С. 12–15. EDN: XUJVOP.

7. Кизимиров М.В. Основные этапы развития синхромодальных перевозок через морские и речные порты в СССР и РФ // Вестник транспорта. – 2018. – № 8. – С. 33–36. EDN: XUJVQD.

8. Куренков П.В. Синхромодальные перевозки и тримодальные терминалы как перспективные направления развития логистических технологий // Транспорт: наука, техника, управление. – 2018. – № 11. – С. 13–17. ISSN: 0236-1914

9. Куренков П.В. Перспективные направления развития политранспортной логистики // //Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 3. – С. 36–41. ISSN: 0044-4448.

11. Куренков П.В. Синхромодальные и КО-модальные перевозки, А-модальный букинг и ТРИмодальные терминалы как перспективные направления развития транспортной логистики // Логистика. – 2018. – № 12. – С. 34–39. ISSN 2219-7222.

12. Куренков П.В. Логистика международных интермодальных грузовых перевозок // Логистика. – 2018. – № 3 (136). – С. 24–27. ISSN: 2219-7222.

13. Куренков П.В. Синхромодальность, КО-модальность, А-модальность и ТРИмодальность – важные составляющие современной политранспортной логистики // Бюллетень ОСЖД. – 2018. – № 5–6. – С. 37–44. SSN 0208-869X.

14.Ларин О. Н. Особенности терминологии по перевозкам с участием нескольких видов транспорта // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2 - С.107. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-107.

15. Алаи С., Дуран-Микко Дж., Мачарис С. Перепланирование синхромодальных перевозок: подход к моделированию на основе агентов. Евро. Перевод. перераб. 16, 1 (2024). DOI: 10.1186/s12544-023-00624-y

16. Глинский В.А., Баранова А.В., Мойсиевич Н.В. Преобразование терминально сетевых мультимодальных альянсов в формат «Физического интернета» // Вестник СПб ГУГА. 2024. №1 (42). С. 87-101. ISSN: 2075-9878.

17. Глинский В. А., Баранова А. В. Логистические платформенные и экосистемные решения в мультимодальных цепях поставок // Вестник СПбГУГА, 2025 №2 (47). С. 91-101. EDN: EUKZMY.

18. Шагиахметова Э.К. Основы грузовых авиаперевозок: учебное пособие // – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Авиабизнес, 2010. – 184 с. ISBN: 5-89859-076-5.

19. Rentschler, J., Elbert, R., & Weber, F. (2022). Содействие устойчивому развитию с помощью синхромодальных перевозок: систематический обзор литературы и будущие области исследований. Устойчивость, 14(20), 13269. DOI: 10.3390/su142013269

20. Малевич В.Д., Пешина Э.В. Основа интермодальных перевозок – ISO контейнер ЖУРНАЛ Достижения науки и образования Экономика и бизнес 2019, С.17-18. ISSN: 2413-2071.

21. Montreuil, B. “Toward a physical internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge,” Logistics Research, vol. 3, no. 2-3, pp. 71–87, 2011. DOI: 10.1007/s12159-011-0045-x/

22. Глинский В.А., Курганова Н.В. Мультиканальная логистика «последней мили» в терминальной структуре Hub-and-Spoke. Вестник СПб ГУГА. 2023. №4 (41). С. 118-126. ISSN: 2075-9878.

23. Трахтенгерц Э. А., Пащенко Ф.Ф. Сететцентрические методы управления в крупномасштабных сетях – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 200 с. ISBN: 978-5-9710-3124-6.

24. Жулего В.Г. Моделирование слияния и поглощения компаний // Экономические стратегии. - 2008. №8. С. 132-141. 680-094X

25. Полешкина И.О., Васильева Н.В. Технология blockchain как инструмент управления цепями поставок с участием воздушного транспорта // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2020. № 2 (23). С. 72–86. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-2-72-86.

26. Малыхина М.П., Герасимов Д.А. Мультиагентные системы искусственного интеллекта // Научные труды КубГТУ. - 2018. - № 3. С. 476-484. eISSN: 2312-9409

27. Иващенко А. В., Карсаев О. В., Скобелев П. О., Царев А. В., Юсупов Р. М. Мультиагентные технологии для разработки сетецентрических систем управления // – Известия ЮФУ. Технические науки. - 2011. №3 (116). С. 11-23. ISSN: 1999-9429.

28. Giusti R., Manerba D., Bruno G. R. Tadei Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review – 2019 – № 129 – P. 92–100. DOI:10.1016/j.tre.2019.07.009.

References

1. Jones Peter. FIATA Guidelines "Legal Support for Freight Forwarding" // Minsk: OOO "Belfarpost", 1998. - 240 p.

2. Palagin Yu. I., V. A. Glinsky, A. I. Mochalov. Intermodal transport and logistics processes: forwarding, technologies, optimization: Tutorial // St. Petersburg: Polytechnic, 2019. - 368 p. ISBN 978-5-7325-1141-3.

3. Transport and logistics systems for freight transportation: a textbook for universities // edited by E.E. Shvedov. - St. Petersburg: IC "Intermedia" 2019. - 288 p. ISBN 978-5-4383-0190-5.

4. Kurenkov P.V., Kotlyarenko A.F. Foreign trade transportation in mixed traffic: economics, logistics, management / - Samara: SamGAPS, 2003.- 636 p. ISBN: 5-901267-36-2.

5. Kolik AV Combined rail-road transportation in supply chains // - Moscow: Tekhpoligraftsentr Publishing House, 2018. - 301 p. ISBN: 978-5-94385-143-8.

6. Astafiev AV Synchromodality, intermodality, multimodality, transmodality and trimodality of mixed transportation // Transport Bulletin. - 2018. - No. 8. - P. 12-15. EDN: XUJVOP.

7. Kizimirov MV The Main Stages of Development of Synchromodal Transportation through Sea and River Ports in the USSR and the Russian Federation // Vestnik transporta. - 2018. - No. 8. - P. 33-36. EDN: XUJVQD.

8. Kurenkov P.V. Synchromodal Transportation and Trimodal Terminals as Promising Directions for the Development of Logistics Technologies // Transport: Science, Technology, Management. - 2018. - No. 11. - P. 13-17. ISSN: 0236-1914

9. Kurenkov P.V. Promising Directions for the Development of Polytransport Logistics // //Railway Transport. - 2019. - No. 3. - P. 36-41. ISSN: 0044-4448.

11. Kurenkov P.V. Synchromodal and CO-modal transportation, A-modal booking and TRImodal terminals as promising areas for the development of transport logistics // Logistics. - 2018. - No. 12. - P. 34-39. ISSN 2219-7222.

12. Kurenkov P.V. Logistics of international intermodal freight transportation // Logistics. - 2018. - No. 3 (136). - P. 24-27. ISSN: 2219-7222.

13. Kurenkov P.V. Synchromodality, CO-modality, A-modality and TRImodality are important components of modern polytransport logistics // OSJD Bulletin. - 2018. - No. 5-6. - P. 37-44. SSN 0208-869X.

14. Larin O. N. Features of the terminology for transportation involving several modes of transport // Intelligence. Innovations. Investments. - 2020. - No. 2 - P.107. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-107.

15. Alai S., Duran-Mikko J., Macharis S. Rescheduling synchromodal transportation: an agent-based modeling approach. Euro. Translation. revised. 16, 1 (2024). DOI: 10.1186/s12544-023-00624-y.

16. Glinsky V. A., Baranova A. V., Moisievich N. V. Transformation of terminal network multimodal alliances into the "Physical Internet" format // Bulletin of St. Petersburg State University of Civil Aviation. 2024. No. 1 (42). P. 87-101. ISSN: 2075-9878.

17. Glinsky V. A., Baranova A. V. Logistics platform and ecosystem solutions in multimodal supply chains // Bulletin of SPbGUGA, 2025 No. 2 (47). P. 91-101. EDN: EUKZMY.

18. Shagiakhmetova E.K. Fundamentals of air cargo transportation: a tutorial // - 3rd ed., corrected. and additional. - M .: Aviabusiness, 2010. - 184 p. ISBN: 5-89859-076-5.

19. Rentschler, J., Elbert, R., & Weber, F. (2022). Promoting Sustainable Development through Synchromodal Transport: A Systematic Literature Review and Future Research Areas. Sustainability, 14(20), 13269. DOI: 10.3390/su142013269

20. Malevich V.D., Peshina E.V. The Basis of Intermodal Transport – ISO Container JOURNAL Achievements of Science and Education Economics and Business 2019, pp. 17-18. ISSN: 2413-2071.

21. Montreuil, B. “Toward a physical internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge,” Logistics Research, vol. 3, no. 2-3, pp. 71–87, 2011. DOI: 10.1007/s12159-011-0045-x/

22. Glinsky V.A., Kurganova N.V. Multichannel logistics of the "last mile" in the terminal structure of Hub-and-Spoke. Bulletin of St. Petersburg State University of Civil Engineering. 2023. No. 4 (41). P. 118–126. ISSN: 2075-9878.

23. Trakhtengerts E.A., Pashchenko F.F. Network-centric management methods in large-scale networks – Moscow: LENAND, 2016. – 200 p. ISBN: 978-5-9710-3124-6.

24. Zhulego V.G. Modeling of mergers and acquisitions of companies // Economic strategies. - 2008. No. 8. P. 132-141. 680-094X

25. Poleshkina I.O., Vasilyeva N.V. Blockchain technology as a tool for managing supply chains involving air transport // Scientific Bulletin of Moscow State Technical University of Civil Aviation. - 2020. No. 2 (23). P. 72–86. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-2-72-86.

26. Malykhina M.P., Gerasimov D.A. Multi-agent systems of artificial intelligence // Scientific works of KubSTU. - 2018. - No. 3. P. 476-484. eISSN: 2312-9409

27. Ivaschenko A. V., Karsaev O. V., Skobelev P. O., Tsarev A. V., Yusupov R. M. Multi-agent technologies for the development of network-centric control systems // - Bulletin of the Southern Federal University. Technical sciences. - 2011. No. 3 (116). P. 11-23. ISSN: 1999-9429.

28. Giusti R., Manerba D., Bruno G. R. Tadei Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review - 2019 - No. 129 - P. 92-100. DOI:10.1016/j.tre.2019.07.009.

Glinsky V.A.

KEY ELEMENTS OF THE TERMINAL NETWORK CONCEPT OF SYNCHROMODAL TRANSPORTATION

Abstract*. The article presents a comparative aggregated analysis of the three main formats of multimodal cargo transportation - inter/multi/synchromodal. It is shown that synchromodal transportation (ST - Synchromodal transportation) is a new stage in the evolution of multimodal transportation and the expansion of their format based on network-centric management (NCM) logistics of the transport terminal network (TTN). The NCM can become a core element of the synchromodal transportation concept. A variant of the aggregated definition of ST is given, in which the most informative features (MDF - main distinguishing feature) identify the concepts of the "trinity" of TTS and the principles of network-centric management.*

Keywords*: multimodal transport operator (MTO), network-centric management, interoperability, transport terminal network, Physical Internet (PI/ π), aggregated formulation of synchromodal transportation.*

Сведения об авторах:

Глинский Владимир Анатольевич
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова»,
доцент кафедры интермодальных перевозок и логистики,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: vglinskiy@yandex.ru

Information about the authors:

Glinsky Vladimir Anatolyevich
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov", St. Petersburg,
Associate Professor of the Department of Intermodal Transportation and Logistics,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
e-mail: vglinskiy@yandex.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ДОНЕЦКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА»

1 Материалы статей представляются в виде текстов, отформатированных и распечатанных на лазерном или струйном принтере (пригодных для сканирования) на белой бумаге формата А4 (210х297 мм) в одном экземпляре. Рекомендуемый объем статьи – 5–10 страниц.

Одновременно текст представляется электронную версию в текстовом редакторе Word for Windows, шрифт TimesNewRoman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, выравнивание по ширине, абзацный отступ – 1 см.

Параметры страницы установлены следующие:

поля верхние и боковые - 25 мм;

поле нижнее - 20 мм;

отступ от верхнего колонтитула - 12,5 мм;

отступ от нижнего колонтитула - 22 мм.

Верхний и нижний колонтитулы, а также номера страниц не вводить.

2. На первой странице должны быть указаны:

УДК – в левом верхнем углу;

интервал;

фамилии и инициалы авторов на языке оригинала статьи – по центру, курсивом;

интервал;

название статьи на языке оригинала статьи – заглавными буквами, полужирным шрифтом, по центру, без переносов;

интервал;

аннотация на языке оригинала статьи (80-150 слов);

ключевые слова на языке оригинала статьи (5-10 слов);

Далее через интервал:

текст статьи – печатается без переносов;

интервал;

список литературы на русском и английском языках (не менее 10 источников).

интервал;

фамилии и инициалы авторов (на английском языке, если основной текст статьи на русском языке; на русском, если основной текст статьи на английском языке) – по центру, курсивом;

интервал;

название статьи (на английском языке, если основной текст статьи на русском языке; на русском, если основной текст статьи на английском языке) – заглавными буквами, полужирным шрифтом, по центру, без переносов;

аннотация (на английском языке, если основной текст статьи на русском языке; на русском, если основной текст статьи на английском языке; 80-150 слов);

ключевые слова (на английском языке, если основной текст статьи на русском языке; на русском, если основной текст статьи на английском языке; 5-10 слов);

интервал;

сведения об авторах (на русском и английском языках).

3. Статья должна содержать такие разделы: постановка задачи, анализ последних исследований, цель работы, основную часть и выводы. Между разделами ставится интервал. Текст статьи должен быть тщательно отредактирован и готов для макетирования и верстки Сборника на компьютере.

4. Буквы латинского алфавита набираются курсивом, буквы греческого и русского алфавитов – прямым шрифтом. Математические символы lim, ln, arg, const, sin, cos, min, max и т.д. набираются прямым шрифтом. Аббревиатуры следует расшифровывать при их первом упоминании в тексте.

5. Формулы. Большие формулы необходимо разбить на отдельные фрагменты. Фрагменты формул по возможности должны быть независимы (при работе в формульном редакторе каждая строка – отдельный объект). Располагать формулы следует по центру строки.

Буквы J и I, e и l, h и n, q и g, V и U, O (буква) и 0 (ноль) должны различаться по начертанию.

Тире, дефис, знак «минус» обозначают соответствующими знаками. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы следует печатать в Word, отдельно от формул, в круглых скобках по правому краю.

Обозначения, термины и иллюстрированный материал должны соответствовать действующим ГОСТам.

6. Рисунки и фотографии, выполненные четко и контрастно в формате *.tif, *.jpg, *.png, с разрешением не менее 300 точек на дюйм, следует размещать в порядке их упоминания в тексте. Ссылки на рисунки в тексте и подрисуночная подпись обязательны.

7. Таблицы следует размещать по мере упоминания в статье. Ссылки на таблицы в тексте и названия таблиц обязательны.

8. Список литературы приводится общим списком в конце статьи и составляется в соответствии с последовательностью ссылок в тексте, которые обозначаются арабскими цифрами в квадратных скобках. Литературу оформляют только согласно ГОСТ Р 7.0.100-2018. При наличии у статьи цифрового идентификатора объекта (DOI) его указание обязательно.

Статья должна быть обязательно подписана всеми авторами.

9. Материалы, прилагаемые к статье, должны содержать следующие сведения (на русском и английском языках):

Название статьи (заглавными буквами, полужирным шрифтом).

Фамилия, имя, отчество автора (полностью, без сокращений).

Место работы каждого автора в именительном падеже.

Занимаемая должность.

Ученая степень, ученое звание.

E-mail.

Аннотация.

Ключевые слова.

УСЛОВИЯ И ПОРЯДОК ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ДОНЕЦКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА»

1. Статья должна быть оформлена по прилагаемым требованиям.

2. Автор имеет право опубликовать в номере одну статью.

3. Автор может прислать статью в адрес редакции:

- по почте;
- по электронной почте;
- принести в редакцию и передать ответственному секретарю.

4. Статья, представляемая в редакцию, должна соответствовать тематике издания.

В журнале публикуются результаты фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований по следующим направлениям: Системный анализ, управление и обработка информации, статистика; наземные транспортно-технологические средства и комплексы; транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте; эксплуатация автомобильного транспорта; логистические транспортные системы.

5. Редакционная коллегия принимает для публикации статьи после тщательной научной экспертизы.

Для публикации отбираются статьи, которые представляют научный интерес и являются новой ступенью в разработке данной проблемы. Статьи публицистического плана не принимаются.

6. На заседании редколлегии принимают решение о возможности публикации статьи только при наличии положительной рецензии.

7. Все расходы по подготовке к публикации и изданию журнала оплачивает академия.

КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ДОНЕЦКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА»

Учредителем и издателем Вестника Донецкой академии транспорта является Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Донецкая академия транспорта»

Главный редактор журнала – доктор технических наук, доцент И.П. Энглези.

В состав редакционной коллегии журнала входят ведущие ученые России и ближнего зарубежья.

Научный журнал выходит с периодичностью 4 номера в год.

Вестник Донецкой академии транспорта зарегистрирован в национальном центре ISSN Российской Федерации и имеет номер ISSN 3034-6681; бесплатно рассылается центральным и зональным научно-техническим библиотекам, НИИ информации и включен в систему Российского индекса научного цитирования.

Почтовый адрес редакции:

283086, Донецкая Народная Республика, г.о. Донецк, г. Донецк, пр-кт Дзержинского, д. 7.

Донецкая академия транспорта.

Редакция Вестника Донецкой академии транспорта.

Телефон: +7 (949)3076242.

E-mail: rector@dat-dn.ru

Архив Сборника и требования по оформлению статей размещены на сайте https://journal.dat-dn.ru/

Научное издание

ВЕСТНИК ДОНЕЦКОЙ АКАДЕМИИ ТРАНСПОРТА

№ 1
2025

(на русском и английском языках)

Полнотекстовая версия статей находится в открытом доступе на сайте Российской научной электронной библиотеки: www.elibrary.ru
Журнал обрабатывается в системах индексов научного цитирования РИНЦ и Science Index

Требования к оформлению статей размещены на сайте
https://journal.dat-dn.ru/

Ответственный за выпуск – Ю.В. Прилепский

Компьютерная верстка – А.С. Маренич

Литературная обработка – Н.И. Головченко, Е.М. Загороднова

Формат 60х84⅛. Усл. печ. л. 8,37. Тираж 200 экз. Цена свободная.
Знак информационной продукции 16+
Подписано в печать 27.03.2024.
Дата выхода в свет 28.03.2024.

Учредитель:
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
«Донецкая академия транспорта»

Адрес учредителя и редакции:
283086, Донецкая Народная Республика, г.о. Донецк, г. Донецк, пр-кт Дзержинского, д. 7, тел. +7 (949) 3076242;
e-mail: rector@dat-dn.ru

Издатель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»
385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
«Донецкая академия транспорта»
283086, Донецкая Народная Республика, г.о. Донецк, г. Донецк, пр-кт Дзержинского, д. 7