Матеріали
XVI Міжнародної науково-практичної конференції
Materials of the 16th international scientific and practical conference

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

MODERN INFORMATION AND INNOVATION TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

MINTT – 2024

Одеса – 2024

Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції

Materials of the 16th international scientific and practical conference

---

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

MODERN INFORMATION AND INNOVATION TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

MINTT – 2024

Збірник матеріалів конференції

29–31 травня 2024 року
Одеса, Україна

May 29–31, 2024
Одеса, Ukraine

Організатори конференції:

- МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
- ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
- ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
- НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
- НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»
- ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОФІЗИКИ І РАДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАН УКРАЇНИ
- ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
- НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
- НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
- ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
- ГДИНСЬКИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
- КЛАЙПЕДСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ЛИТВА)
- БАТУМСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ (ГРУЗІЯ)
- ПЕКІНСЬКИЙ ЄВРАЗІЙСЬКИЙ МІЖНАРОДНИЙ ЦЕНТР ЕКОНОМІЧНОГО І КУЛЬТУРНОГО ОБМІНУ (КНР)
- КРЮЇНГОВА КОМПАНІЯ «MARLOW NAVIGATION» (КІПР)

Програмний комітет:

Бідюк П. І. – д.т.н., проф. (Україна);
Блінцов В. С. – д.т.н., проф. (Україна);
Букетов А. В. – д.т.н., проф. (Україна);
Варбанець Р. А. – д.т.н., проф. (Україна);
Винокурова О. А. – д.т.н., проф. (Україна);
Вюгар Беюкага огли Садигов – к.т.н., доц. (Азербайджан);
Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна);
Єрмошкін М. Г. – к.т.н., проф. (Україна);
Ігнатенко О. А. – капітан 1 рангу, доц. (Україна);
Ластовська О. – к.т.н., доц. (Польща);
Кравченко О. П. – д.т.н., проф. (Словаччина);
Куклін В. М. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Литвиненко В. В. – д.т.н. (Україна);
Любіч О. О. – д.е.н., проф. (Україна);
Мальцев А. С. – д.т.н., проф. (Україна);
Мельнік І. В. – д.т.н., проф. (Україна);
Осадчий С. І. – д.т.н., проф. (Україна);
Піпченко О. Д. – д.т.н., доц. (Україна);
Прохоренко Є. М. – д.т.н. (Україна);
Проценко В. О. – д.т.н. (Україна);
Прокопчук Ю. О. – д.т.н., (Україна);
Рева О. М. – д.т.н., проф. (Україна);
Савченко О. Г. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Хайбин Ю. – директор ПЄМЦЕКО (КНР);
Харченко В. П. – д.т.н., проф. (Україна);
Ходаков В. Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Цимбал М. М. – д.т.н., проф. (Україна);
Шаров Р. А. – капітан 1 рангу, доц. (Україна);
Янутенене Й. – д.т.н., проф. (Литва).

Організаційний комітет:

голова	Чернявський Василь Васильович – ректор Херсонської державної морської академії;
заступник голови	Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи;
члени комітету:	Настасенко Валентин Олексійович – професор кафедри транспортних технологій та механічної інженерії;
	Носов Павло Сергійович – к.т.н., завідувач кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння;
	Блах Ігор Володимирович – вчений секретар, начальник відділу технічної інформації;
	Врублевський Роман Євгенович – відповідальний секретар конференції, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок;
	Врублевська Галина Анатоліївна – технічний секретар конференції, провідний інженер відділу технічної інформації.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

У збірнику представлено матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Одеса 29–31 травня 2024 р. і була присвячена актуальним питанням застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

Матеріали збірника розраховані на викладачів та студентів вищих навчальних закладів, фахівців науково-дослідних установ та підприємств.

Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2024) [Збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції (29–31 травня 2024 р., м. Одеса)]. – Одеса: Херсонська державна морська академія, 2024. – 426 с.

Conference organizers:

- MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
- KHERSON STATE MARITIME ACADEMY
- KHERSON NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
- ADMIRAL MAKAROV NATIONAL UNIVERSITY OF SHIPBUILDING
- NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE «IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE»
- INSTITUTE OF ELECTROPHYSICS AND RADIATION TECHNOLOGIES
- V. N. KARAZIN KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY
- NATIONAL AVIATION UNIVERSITY
- ODESA NATIONAL MARITIME ACADEMY
- ODESA NATIONAL MARITIME UNIVERSITY
- GDYNIA MARITIME UNIVERSITY (POLAND)
- LATVIAN MARITIME ACADEMY KLAIPEDA UNIVERSITY (LITHUANIA)
- BATUMI STATE MARITIME ACADEMY (GEORGIA)
- BEIJING EURASIAN INTERNATIONAL CENTER FOR ECONOMIC AND CULTURAL EXCHANGE (PRC)
- MARLOW NAVIGATION CREWING COMPANY (CYPRUS)

Program Committee:

P. Bidiuk – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Blintsov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
A. Buketov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
R. Varbanets – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Vynokurova – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Sadyhov – PhD. in Engineering, Assoc. Prof. (Azerbaijan);
V. Hnatushenko – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
M. Yermoshkin – PhD., Prof. (Ukraine);
O. Ihnatenko - First-class Master, Assoc. Prof. (Ukraine);
O. Lastowska – Ph.D in Technical Science, Assoc. Prof. (Poland);
O. Kravchenko – prof Ing. (Slovakia);
V. Kuklin – Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Prof. (Ukraine);
V. Lytvynenko – Doctor of Technical Science (Ukraine);
O. Liubich – Doctor of Economics, Prof. (Ukraine);
A. Maltsev – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
I. Melnik – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
S. Osadchyi – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Pipchenko – Doctor of Technical Science, Assoc. Prof. (Ukraine);
Ye. Prokhorenko – Doctor of Technical Science (Ukraine);
V. Protsenko – Doctor of Technical Science (Ukraine);
Y. Prokopchuk – Doctor of Technical Science (Ukraine);
O. Reva – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Savchenko – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Prof. (Ukraine);
Yu. Khaibyn – Director of BEICECE (PRC);
V. Kharchenko – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Khodakov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
M. Tsymbal – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
R. Sharov – First-class Master, Assoc. Prof. (Ukraine);
Y. Yanutenene – Doctor of Technical Science, Prof. (Lithuania).

Organizing Committee:

Head	Vasyl Cherniavskyi – Rector of Kherson State Maritime Academy;
Deputy Head	Andrii Ben – Vice Rector for Research;
Committee members:	Valentyn Nastasenko – Professor of Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering; Pavlo Nosov – Ph.D in Technical Science, Head of the Department of Innovative Technologies and Technical Means of Navigation; Ihor Blakh – Scientific Secretary, Head of Technical Information Department; Roman Vrublevskyi – Responsible Secretary of the Conference, Associate Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants; Halyna Vrublevska – Technical Secretary of the Conference, Leading Engineer of the Technical Information Department.

The author is responsible for the accuracy of the stated facts, quotes and other information.

The collection presents the proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovation Technologies in Transport», which took place in Odesa on May 29–31, 2024 and was devoted to topical issues of modern information and innovation technologies in transport sector.

The materials of proceedings are designed for teachers and students of higher educational institutions, specialists of research institutions and enterprises.

Modern Information and Innovation Technologies in Transport (MINTT – 2024) [proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference, May 29–31, 2024, Odesa)]. – Odesa: Kherson State Maritime Academy, 2024. – 426 p.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Шістнадцятої Міжнародної науково-практичної конференції «*Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT – 2024)»*, метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить, на базі старішого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. У зв'язку з тимчасовим переміщенням нашого навчального закладу, у цьому році конференція проходить у м. Одеса, в будівлях Одеського державного аграрного університету. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади України, Польщі, Литви, Словаччини, Грузії та інших країн зарубіжжя.

Основним завданням конференції є обговорення широкого кола нових наукових і практичних результатів застосування сучасних інформаційних технологій на транспорті; обмін ідеями та пошук нових пріоритетних напрямків наукових досліджень; встановлення та розвиток нових контактів у сфері наукового співробітництва між навчальними закладами, науковими установами та підприємствами України та зарубіжжя. Одна з особливостей конференції – залучення молодих науковців до розробки найбільш актуальних напрямків наукових досліджень у транспортній галузі.

Програмою конференції передбачено проведення пленарного засідання та робота фахівців у секціях: інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у транспортній галузі; тренажерні системи та людський фактор на транспорті; контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами; безпека судноплавства; системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів; проблеми надійності та енергозбереження, екологічна безпека та ресурсозберігаючі технології; компетентнісний підхід в підготовці фахівців транспортної галузі, проблеми впровадження «зеленого» транспорту: джерела та накопичувачі енергії, новітні матеріали, безпека експлуатації.

Ми впевнені, що досить широка проблематика наукових праць конференції буде сприяти не тільки плідному аналізу та обговоренню вищезазначених питань, а й обміну ідеями та думками, пошуку пріоритетних напрямків наукових досліджень, встановленню нових контактів у сфері наукового співробітництва фахівців галузі, залученню молодих науковців до участі у вивченні найбільш актуальних напрямків досліджень у транспортній галузі.

У листопаді 2022 р. м. Херсон було звільнено від російських окупантів, але військова агресія росії проти України ще триває, і постійні обстріли нашого міста не вщухають. Тому, як і минулого року, ми вимушені обмежитися лише електронним форматом видання збірки тез. Проте, на відміну від 2023 року, у цьому році конференція проходитиме вже у змішаному форматі: очно у м. Одеса та одночасно у вигляді відео конференції.

Маємо сподівання що конференція буде успішною і успадкує всі кращі риси науково-практичних конференцій MINTT минулих років.

Організатори щиро дякують усім учасникам конференції та сподіваються, що MINTT-2024 стане добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях. Висловлюємо свою щиру подяку всім авторам доповідей за порозуміння та співпрацю з організаторами.

Бажаємо всім нових наукових ідей та досягнень, плідної роботи, нових відкриттів!

З повагою, Організаційний та Програмний комітети.

OREWORD

Dear colleagues!

We bring to your attention the proceedings of the 16th International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovation Technologies in Transport (MINTT – 2024)», which aims to analyze and summarize new theoretical and applied results in employing modern information and innovation technologies in transport. The conference is held on the basis of Kherson State Maritime Academy, the oldest maritime institution of our country. Due to the temporary relocation of our educational institution, this year's conference is being held in Odesa, on the premises of Odesa State Agrarian University. Leading research and educational institutions from Ukraine, Poland, Lithuania, Slovakia, Georgia and other countries participate in the organisation and work of the conference.

The main task of the conference is to discuss a wide range of new scientific and practical results of modern information technologies application in transport; exchange ideas and search for new priority areas of research; establish and develop new contacts in scientific cooperation among educational institutions, research institutions, enterprises of Ukraine and abroad. Distinctive features of the conference include active involving of young scientists in developing the most relevant areas of research in transport.

The conference program includes a plenary session and work of experts in the following sections: intelligent decision support systems in the transport industry; simulator systems and human factor in transport; control, diagnostics and decision-making in managing moving objects; safety of navigation; system analysis and mathematical modelling of complex objects; reliability and energy saving, environmental safety and resource-saving technologies; competency-based approach in training transport industry professionals; implementing "green transport": energy sources and storage devices, latest materials, operational safety.

We are confident that the conference papers will contribute to fruitful analysis and discussion of the above issues, exchange of ideas and opinions, search for priority areas of research, establishment of new contacts in scientific cooperation, attraction of young scientists to studying the most relevant areas of research in the transport industry.

In November 2022, Kherson has been liberated from the russian occupiers, but russia's military aggression against Ukraine still lasts, and the constant shelling of our city does not abate. Therefore, the same as last year, we are forced to publish the proceedings in an electronic format. However, unlike in 2023, this year's conference will be held in a mixed format: in person in Odesa and via simultaneous video conference.

We hope that the conference will be successful and will inherit all the best features of the past years' MINTT conferences.

Organizers are sincerely thankful to all participants of the conference and hope that MINTT – 2024 will become a new platform for meetings and communication commenced at previous conferences. We express our sincere gratitude to all authors of reports for their understanding and cooperation with organizers.

We wish everyone new scientific ideas and achievements, fruitful work, new discoveries!

Respectfully, Organizing and Program Committees.

СЕКЦІЯ:

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

SECTION:

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE TRANSPORT INDUSTRY

FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF A RANGE OF SPARE PARTS FOR TRANSPORT ENTERPRISES

Kravchenko Oleksandr, Gerlici Juraj
University of Žilina (Slovak Republic)

Introduction. Transport as big and permanently performing dynamic system is the connecting link of the expanded production process and it takes a special place in the economic development of the state. The production process of the road transport requires the solution of the set of complex interdependent tasks of the efficient transportation organization, supporting workability of the rolling stock, "extracting benefits" from transportation, providing safety of road traffic etc. In total these tasks presuppose the choice of the efficient modes of functioning transport system [1, 2, 3]. The difficulties while solving these tasks are determined by stochastic character. The expenditures for manufacturing, technical maintenance and repairing exceed the price of the new transport means in several times. The cause of this phenomenon lies in the processes of components wear and degradation of units and systems, which leads to breaking workability, refusals and catastrophes. The processes of changing the technical condition have an occasional character, therefore finding efficient levers, providing efficiency and safety of transport means performance is an important and a topical task in saving labour and material resources. This leads to necessity of periodic executing special events in search of perfect systems to prevent malfunction and catastrophes. Their content implies monitoring the state, diagnosing the situation, workability, influencing the restoration of workability and providing safety, and choosing the modes of using transport means [3, 4].

Thus the problem of decision making in choosing management actions aimed at prevention catastrophes and achieving "the highest system efficiency" occurs. The process of making decisions is the choice of the solution variant from several possible. It consists of the characteristic stages and it has iterative character. The problem of decision making in conditions of uncertainty and risks is not a new one. Its creation is connected with the names of Von Neumann, Morgenstern, Blackwell, Hirshick, Savage, Fishbern, Pfanzagl etc.

The process of managing a motor vehicle enterprise is the continuous adoption of management decisions and their practical application. The steady development of the enterprise largely depends on the effectiveness of the decisions made in modern economic conditions. Maintaining trucks in working order to ensure intensive use of rolling stock is one of the main tasks facing a motor transport enterprise. The reliable operation of cars is ensured by a fund of spare parts, the size and nomenclature of which play an important role in the cost of transportation. The reliable operation of cars is achieved by a fund of spare parts, the size and nomenclature of which play an important role in the transportation cost. Solving this task is related to anticipating the need for spare parts in order to improve the efficiency of car operation. Fluctuations in demand for spare parts are formed under the influence of economic, technical, seasonal, and climatic factors, the manifestation and strength of which must be predicted.

Statistical research. The solution to the issue of determining the required number of spare parts is proposed basing on the analysis of factors affecting the formation of the nomenclature and the spare parts number [5, 6]. Justification of the size of the optimal stock of material resources, determining the reliability of the material resources management system, risks and determining the sustainability of the material resources management system will be an efficient solution to the problem of optimizing financial resources and implementing operational management with increased quality and ensuring the adequacy of management decisions. A general drawback of methods solving the problem from the point of view of the material resources management system is the limited accounting of important factors in modern conditions of saving financial resources - the time of spare parts delivery from the moment of ordering, the time of repair work, the spare parts cost. The f need formation for spare parts taking into account the actual operational reliability and adjusted consideration of the listed factors will

enable to optimize the repair fund of the motor vehicle enterprise and increase the efficiency of rolling stock use.

The time of the necessary spare parts delivery, and their classification by duration and cost were analyzed to increase the efficiency of determining the required number and list of spare parts, the structure of time lost for troubleshooting.

The aim of the reliability analysis was to study two groups (group I – Volvo FH 1242 and group II – Mercedes-Benz Actros LS 1844) in the warranty and post-warranty periods of operation. Motor trains were operated on roads of the 1st and 2nd categories of operating conditions. Grounding on the collected statistical data, the elimination of defects and malfunctions was analyzed, the patterns of performance violations were obtained, and the main statistical characteristics were identified (fig. 1) [5].

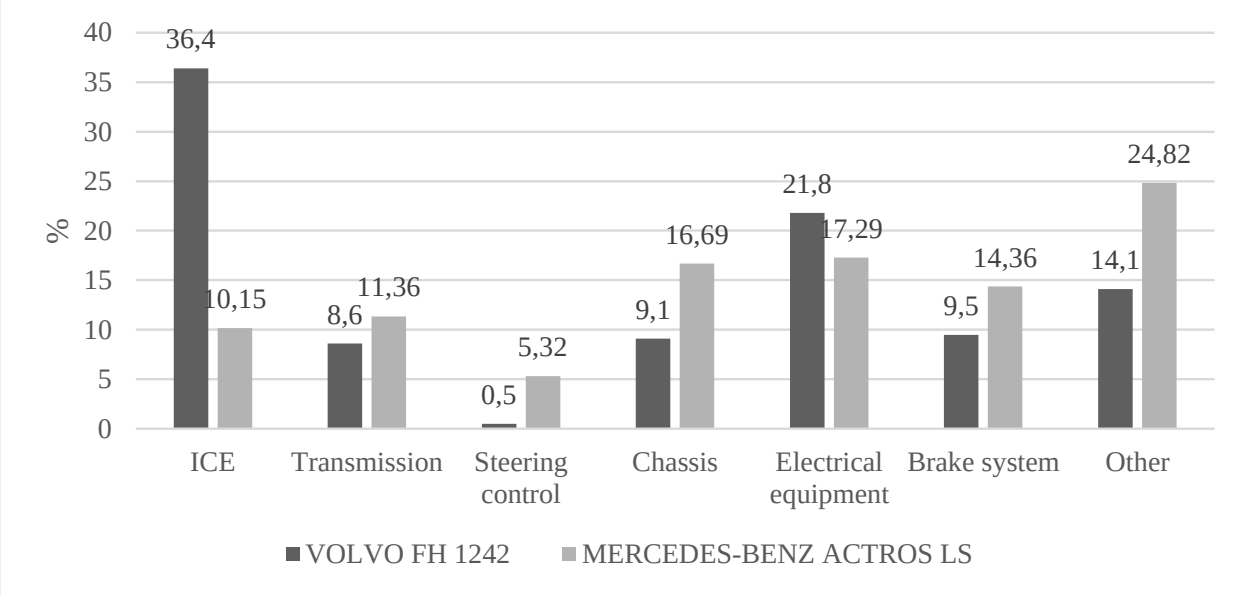


Figure 1 – Comparative diagram of the vehicles groups failures distribution

It was established by the research that expenditures for providing a rolling stock of the enterprise with the spare parts may reach 30% of all expenses of the enterprise. Despite this fact, that there are the vehicles of different makes, specific costs per car on average differ slightly.

However, the cost structure has a significant difference. Engine elements accounted for 36% of all performance violations for cars of group I, and the total cost of these parts was 72.1%. The number of malfunctions of electrical equipment amounted to more than 21%, but the specific costs are 5.2%, which indicates a relatively low cost of parts for this type. For cars of group II, the largest share of costs (24.8%) was the group that included malfunctions of the interior heating and cabin lift systems, the total cost of which was 34%.

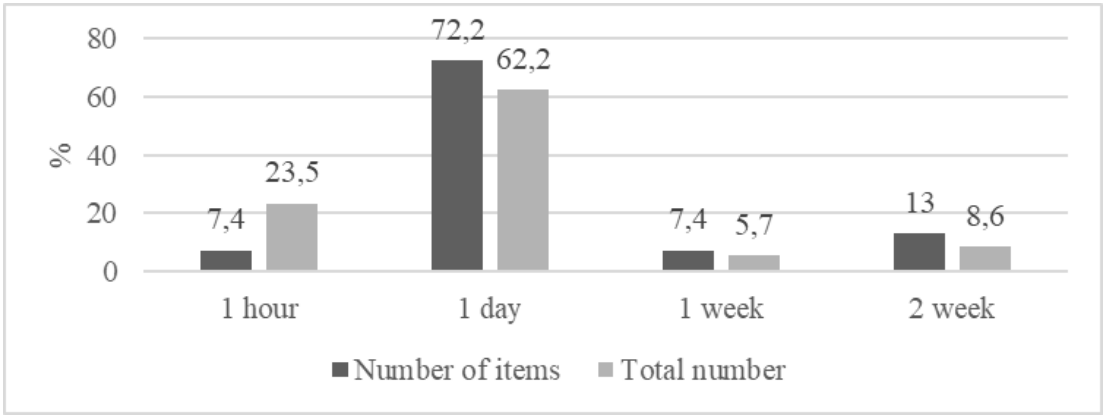
One of the essential characteristics of the motor vehicle enterprise performance quality is the car availability ratio defined as the ratio of proper operation time to the sum of the time of proper operation and forced downtime of the car, taken for the same calendar period. In the modern conditions of logistics development, it seems impractical to store a large number of spare parts names in the warehouse of an automotive company, in this case, the order of spare parts is most often made after the fact of failure. Indeed, the analysis of the delivery time of spare parts showed that 61% of car parts of group 1 and 65.7% of car parts of group 2 are delivered within one day.

On the other hand, most parts take up to one hour to replace, according to the research. So, for the vehicles of group I, this is almost 90% of all replacements, and for the vehicles of group II, this number is less and is 60.9%, and another third of all replacements is performed within one to three hours.

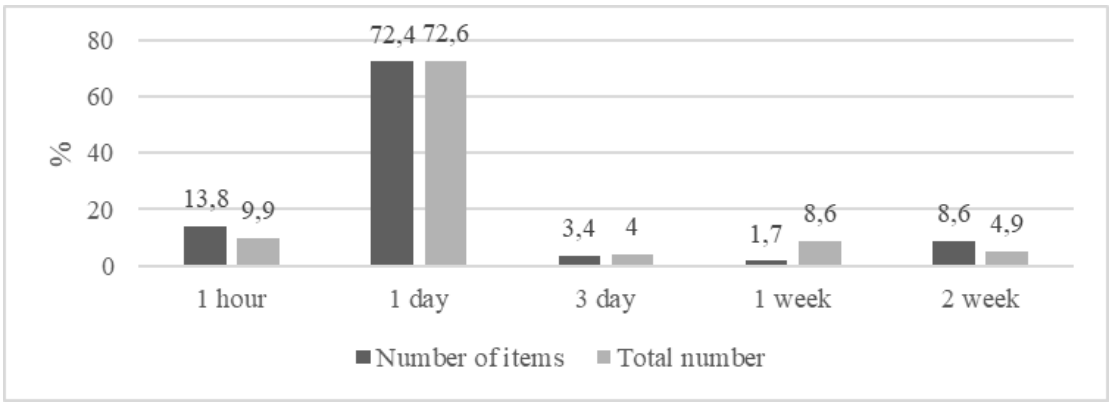
Thus, it can be concluded that 90% of all replacements can be performed within 3 hours if the spare part is available in the company's repair fund. For further adjustment and optimization of the spare parts composition at the enterprise, it is advisable to consider the ratio of parts by delivery time, taking considering the time spent on replacement work.

Parts that take up more than three hours to replace, for group 1 truck tractors more than 80% of such parts are delivered within two weeks, so it is advisable to keep such parts in stock, despite the fact that they are the expensive parts. As for truck tractors of group 2, the situation here is somewhat different. Here, about 44% of parts names are delivered within one day, and about 39% of parts are delivered within two weeks.

Regarding the parts that can be replaced within one hour, the delivery of such parts within the same period of time is possible only for 14% of parts (for the vehicles of group 2); for the vehicles of group 1 only 7% (fig. 2). For the vehicles of both brands, 72% of such details are carried out within a day.



а



б

Figure 2 - Delivery of parts with replacement time within one hour: a - group 1, b - group 2

Reliable operation of a road transport company and rolling stock maintenance in good working order is ensured by the stock of spare parts, the size and range of which play an important role in the cost of transportation. Therefore, a road transport company faces an acute problem in the reasonability of storing certain spare parts in the company's warehouse. The development of a criterion to determine the expediency of storing a particular part will save the company's resources if this criterion is based on the quality indicators of the company's work. The development of a criterion to determine the expediency of storing a particular part will save the company's resources if this criterion is based on the company's work quality indicators.

Based on the example of the analysis of works [7, 8, 9, 10, 11] a methodology [6] was developed for calculating the need for the availability of spare parts in the warehouse of a motor transport enterprise.

Conclusion. Grounding on the results of the calculations, taking into consideration the delivery time, probability of failure and cost of spare parts for cars of group 1 and group 2, the data were obtained, from which conclusions were drawn about the reasonability of storing spare parts in the warehouse of a motor transport enterprise.

REFERENCES

1. Gerlici J. The stability analysis of two-wheeled vehicle model / J. Gerlici, V. Sakhno, A. Yefymenko, V. Verbitskii, A. Kravchenko, K. Kravchenko // MATEC Web of Conferences 157,01007, 2018.

2. Hauser V. Car body and bogie connection modification for track curves passability improvement / V. Hauser, O. S. Nozhenko, K. O. Kravchenko, M. Loulová, J. Gerlici, T. Lack // MATEC Web of Conferences 157, 03010, 2018.

3. Govorushchenko N. Y., Baranov V. V., "Metodika planirovanija rashoda zapasnyh chastej" / Avtomobil'nyj transport – Road transport, no. 7, 1970, p. 19–24.

4. Baranov V. V. Ispol'zovanie metodov teorii prinjatija reshenij v zadachah jekspluatacii transportnyh sistem / V. V. Baranov, A. P. Kravchenko, V. A. Drozdov, E. A. Kravchenko // Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii "Transport, jekologija – ustojchivoe razvitie", 20–22 maja 2010. – Varna: TU, 2010, – p. 154–158.

5. Kravchenko A. P. Monitoring of the technical condition of truckload / A. P. Kravchenko, K. O. Kravchenko // The Archives of Automotive Engineering. Archiwum Motoryzacji. Volume: 81, Nr: 3, Year: 2018, p. 17–28.

6. Kravchenko A., Veritelnik Ie. Expenditure planning spare parts for enterprise road transport / XXI Scientific and technical conference with international participation "Transport, ecology – sustainable development". Collection of reports, (14–16 May 2015, Varna). – Varna: TU, 2015, p. 359–365.

7. S. Chan Choi, Wayne S. Desarbo, Patrick T. Harker, "Product positioning under price competition", Management Science 36(2), 1990, p. 175–199.

8. 6. T. J Brignall, L. Fitgerald, R. Johnston, R. Siverstro, "Product costing in service organizations", Management Accounting Research 2(4), 1991, p. 227–248.

9. K. de Ruyter, M. Wetzels, J. Bloemer, "On the relationship between perceived service quality, service loyalty and switching costs", International Journal of Service Industry Management 9(5), 1998, p. 436–453.

10. A. Gunasekaran, "Just-in-time purchasing: An investigation for research and applications", International Journal of Production Economics 59(1–3), 1999, p. 77–84.

11. S. Ray, S. Li, Y. Song, "Tailored supply chain decision making under price-sensitive stochastic demand and delivery uncertainty", Management Science 51(12), 2005, p. 1733–1902.

TECHNOLOGY OF DATA PROCESSING FROM SENSORS FOR THE DETECTION OF GROUND OBJECTS FROM A UAV

Lazariev V. O.[1], Lazarieva O. O.[2]
[1]National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»
[2]V. N. Karazin Kharkiv National University
(Ukraine)

Introduction. The field of unmanned aircraft systems, which is currently developing at a rapid pace in Ukraine, has wide prospects for application to solve various types of humanitarian needs, including:

– civil protection during emergencies and natural disasters;
– search and rescue operations in hard-to-reach areas;
– fire prevention monitoring of forest lands;
– monitoring of agricultural land and introduction of plant protection products;
– aerial photography for hydrographic needs;
– detection of explosive objects;
– quality control of demining territories.

The use of automated and automatic systems capable of working autonomously and remotely has a number of advantages, including personnel safety, speed in processing not only large areas, but also quick decision-making regarding the detected results.

Detection and recognition of potentially dangerous objects is usually performed by a human operator based on visual observation, which limits the quality and efficiency of detection. Modern intelligent technologies, in particular the use of artificial intelligence, penetrate into all spheres, including the sphere of unmanned aircraft systems, which are used to solve various types of problems.

Relevance of research. The development of information technologies that make it possible to expand the functionality of UAVs is extremely relevant in view of the wide range of possible applications. In wartime, demining is an important problem for the liberated part of the territory of Ukraine. Among the existing technical means, remote technologies for searching for dangerous objects have a number of undeniable advantages, the main one of which is the safety of personnel.

Formulation of the problem. The most sought-after application of drones for humanitarian demining has specifics due to the lack of reliable universal search tools that can detect different types at different depths in conditions of dense vegetation, etc. Until 2022, effective systems for automating the processes of detecting explosive objects and documenting potentially contaminated areas in the world have not been developed. Methods of mechanization and automation of manual labour of deminers were applied. Instead, drones are relatively inexpensive and mass-produced products that can be specialized to solve certain tasks.

The aim is to expand the functionality of unmanned aerial vehicles due the use of software that implements information technology based on artificial intelligence to process sensor signals to solve the tasks of searching for dangerous ground objects. The problem is to create an intelligent tool for searching, finding, processing and presenting data on the presence of dangerous objects for the purpose of effective and quick demining.

Research results. A specific task for the needs of humanitarian demining is the synergy of different detection methods due to the limitations of visual observation. To improve the quality and reliability of detection of dangerous objects, a remote measurement system is being developed, which includes several sensors.

When software implements the technology of processing data from sensors for detecting ground objects from a unmanned aerial vehicle, interaction with the equipment is organized:

– high-resolution digital camera;
– thermal imaging equipment;

– additional means of detecting objects;
– means of saving data;
– means of monitoring and displaying the result.

The task is to make the system understand the studied environment with the help of a combination of sensors. The use of multisensors makes it possible to increase the degree of trust in information.

The modern approach to solving complex problems is based on intellectual methods that allow obtaining results that are not inferior to, and sometimes exceed, the capabilities of human experts. The measurement system is implemented on the basis of artificial intelligence. Signals from sensors are of a different nature and therefore require multi-channel processing using neural networks with training on data sets created for certain classes of objects. The use of artificial intelligence methods in the development of the software complex allows to create an extensible platform with the possibility of further modification.

NVIDIA Jetson was chosen to build the software-defined infrastructure of the autonomous complex based on artificial intelligence methods with means of automated optical control and other types of sensors. The small, powerful NVIDIA Jetson Nano microcomputer used includes the ability to install open-source machine learning platforms for rapid AI model integration. NVIDIA Jetson is built on an energy-efficient platform, has a sufficient set of various interfaces for connecting devices and allows running several neural networks in parallel and simultaneously process data from high-resolution cameras and other additional sensors for detecting dangerous objects.

The software implementation is made in Python, which is a powerful programming language with an efficient high-level data structure, allows to quickly develop applications for any application areas on different platforms, and has an extensive standard library. The program reads data from a digital camera and other equipment frame by frame. Based on Ultralytics YOLOv8, the latest version of the real-time object detection and image segmentation model, the presence or absence of a ground object in the detection field is determined.

Using the PyTorch machine learning library for computer vision and the OpenCV library of functions and algorithms for image processing and numerical algorithms, it is displayed on the screen with the selection of a certain object in case of detection. The location data is recorded in a separate file and plotted on the map.

Surveying territories using drones has a number of advantages:
– acceleration of all stages of humanitarian demining;
– replacement of expensive ground-based automation equipment;
– the fastest examination of large areas;
– improving the quality of object detection;
– automation of data processing thanks to artificial intelligence;
– increasing efficiency;
– personnel safety.

Conclusion. A technology based on artificial neural networks for working with data in the task of identifying dangerous objects is presented. The use of the latest methods for building models makes it possible to solve problems that traditionally could not be automated, were dangerous and costly. The advantages of using artificial intelligence, which is used to analyze the current surveillance data from several sensors to detect potentially dangerous objects, are shown. A variant of hardware implementation and special software for processing the received data based on intelligent methods are proposed.

The use of remote automated systems based on artificial intelligence for processing information and documenting survey results is an effective tool for ensuring the complex work of deminers. Modern information systems are able to quickly and effectively detect dangerous objects, process and visualize the received data, as well as carry out quality control of already demined territories. The cost of such systems in comparison with traditional methods is significantly lower.

UDC 656.7: 658:005.5: 339.1

NEW APPROACH OF AIRLINE REVENUE MANAGEMENT SYSTEMS OPERATION

Olefirenko Oleksandr, Gryshchenko Maksym
National Aviation University, Kyiv (Ukraine)
Research Advisor – Prof. Dmytro Shevchuk

Introduction. Commercial performance of modern passenger airline hardly depends of commercial tools in operation. Last ten years showed the huge gap in dynamics of prices change, online sales development on multy-carriers platforms where clients can choose the best offer in real time mode. Moreover, with cost-cutting strategies applied by every airline in combination with ancillary services business model applied, only revenue can make one airline more effective than another. Therefore, commercial tools become only-solution for airlines to be truly effective and bring planned cashflow. Last years even IATA pays the biggest attention to the commercial tools offering New Distribution Capability (NDC).

Relevance of Research. The current level of products used by airlines for revenue management is surplus high in functionality and complexity. Products such as PROS O&D allow you to customize the revenue management system according to dozens of factors and their combinations, forming the price strategy of the carrier. However, the effectiveness of such systems in recent years is questionable. Additionally, these systems demand complex teams to operate that increases the risk of human factor.

The huge change nowadays is based on the principle that no tools are forming the nature of commercial performance but the tool provides so high level of flexibility to offer airline the right to form its commercial strategy based on the airline approach.

Problem. The disadvantages of present systems include: the high level of complexity of the product for the user, which consists in an outdated approach to the interface, the need to involve highly specialized personnel, the inflexibility of the system in case of a surge in demand. However, the main drawback of systems of this type is the approach of their application, which lies in the interaction of this system with the actual distribution system of the airline company.

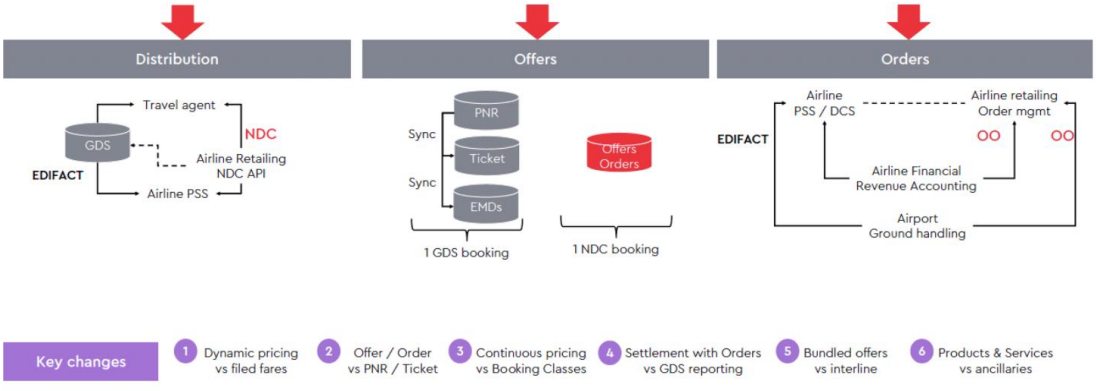
The distribution system of a modern airline is an omnichannel structure includes:

1) Selling through own channel
2) Selling through GDS
3) Selling through NDC

In this case, NDC – New Distribution Capability – a tool that allows you to increase the price offer and transfer your own distribution in a less expensive way.

Under the scheme proposed by IATA, NDC enables an airline to:

1) increase the offer of tariffs
2) to establish a direct connection with sales agents sales tools bypassing the GDS
3) reduce the load on the system by simplifying the reservation
4) improvement of the processes of transfer of reports and financial calculations



However, with the introduction of this tool, the approach with the publication of the price level remained, and therefore airlines continue to work on the principle of a fixed price – this approach is the cornerstone that complicates own revenue management.

If the distribution of the airline is based on the principle of price levels, with the increase in their number, the actual complexity of managing the revenue management system also increases.

Research Results. The new approach to revenue management is based on the strategic orientation of the airline company to choose a two-level price structure – a minimum level and a maximum level, and the number of price levels is determined by the difference between the levels, which can be set by the system in accordance with the demand structure and competitive conditions.

The difference between the levels of price offers allows you to:

1) Create your own simple income management system;
2) Establish the required level of the offer of the price structure;
3) Configure the system to switch several levels in case of demand surges;
4) Accurately adjust changes in the price offer based on factors of external influence.

These influencing factors should be defined as:

1) Number of purchases per unit of time
2) Remaining seats on the flight or flights
3) Number of days until scheduled flight departure
4) Seasonal expected surge in demand

The application of the approach based on the difference in price levels must be implemented in connection with the constant analysis of the market situation and making adjustments to the system. This will make it possible to create a really effective revenue management tool, which, guided by only 4 influence factors, allows you to process changes faster, minimizing the time of the system administrator to process the request.

Conclusions. The modern air transport market, from the point of view of technological distribution, has outgrown existing revenue management technologies and needs new solutions.

Increasing revenues and reducing the time to change the price offer in the case of competition on large online platforms forces carriers to pay more attention to the efficiency of revenue management.

A technically simple tool that does not require complex training and is effective from the point of view of user understanding will be a significant competitive advantage, especially for regional carriers or startups.

REFERENCES

1. IATA Database.
2. IATA Resolution 787.
3. Clausen, J., Larsen, A., Larsen, J., Rezanova, N. J. Disruption management in the airline industry-Concepts, models and methods (2010) Computers and Operations Research, 37 (5), pp. 809–821.
4. Belobaba, P., Odoni, A., Barnhart, C. The Global Airline Industry (2009) The Global Airline Industry, pp. 1–494.
5. Pérez-Méndez, J. A., Machado-Cabezas, Á. Relationship between management information systems and corporate performance (2015) Revista de Contabilidad-Spanish Accounting Review, 18 (1), pp. 32–43.
6. Macário, R., Meersman, H., Van de Voorde, E. COMPETITION AMONG EUROPEAN AIRLINES: PRICING STRATEGIES, YIELDS AND PROFITS (2019) *Advances in Airline Economics*, 8, pp. 77–89.
7. Holloway, S. (2003) *Straight and Level: Practical Airline Economics*. 2nd ed. Aldershot: Ashgate Publishing.

8. Starkie, D. (2009) *Aviation Markets. Studies in Competition and Regulatory Reform*. Farnham: Ashgate Publishing

9. Dezelak, M., Ratliff, R. Towards new industry-standard specifications for air dynamic pricing engines (2018) Journal of Revenue and Pricing Management, 17 (6), pp. 394–402.

10. Hopperstad, C. Belobaba, C. P. Alternative RM algorithms for unrestricted fare structures (2004) AGIFORS Reservation and Yield Management Meeting, pp. 28–31.

11. Nicholas James, L. (2019) Airline Revenue Management for Continuous Pricing: Class-Based and Classless Methods. Cited 5 times. S. M. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

12. Long, Y. (2022) Airline Revenue Management with Segmented Continuous Pricing: Methods and Competitive Effects S. M. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

13. Szymański, B., Belobaba, P. P., Papen, A. Continuous pricing algorithms for airline RM: revenue gains and competitive impacts (2021) Journal of Revenue and Pricing Management, 20 (6), pp. 669–688.

UDC 004.942

DEVELOPMENT OF SMART GLASSES FOR SUPPORTING MARINER DECISION-MAKING WITH ECDIS DATA

Ponomaryova V. P., Nosov P. S., Mamenko P. P., Rex Afiakudue Medekong
Kherson State Maritime Academy

Introduction. Ensuring navigational safety and mitigating human error in maritime navigation is crucial. The development of specialized glasses with an integrated camera and internal display screen is proposed as a key innovation. This concept involves the following aspects:

Navigational Dependence and Equipment Usage. Mariners often rely on various navigational tools, including the Electronic Chart Display and Information System (ECDIS), which visualizes electronic cartography showing the vessel, water bodies, other ships, hazardous isobaths, and other critical objects. However, the risk of insufficient control due to human error could lead to navigational mistakes.

Main Idea and Implementation.

1. *Smart Glasses Development:*

Design: Glasses equipped with a camera that scans the ECDIS screen every second and a lens that acts as an internal display for navigation information.

Functionality: Allows the mariner to be continuously informed about the navigational situation without needing to look away from the main view.

2. *Data Processing:*

Collection and Analysis: A specialized program uses neural networks to analyze normalized screenshots, identifying critical changes and potential hazards.

Alerts: The program generates warnings about the most dangerous elements on the chart (e.g., approaching vessels, isobaths, shallows) and displays them on the internal screen of the glasses.

3. Interactive Alerts:

Visual and Audio Signals: The color of the message text changes depending on the level of danger, with an added sound signal to enhance the mariner's attention during critical moments.

Prioritization: The system also considers the time to potential threats, increasing the visual and auditory intensity of warnings.

4. *Camera Focus on ECDIS Screen During Movement:*

Ensuring the camera in the glasses maintains a clear focus on the ECDIS screen while the mariner moves around the bridge is crucial, requiring the development and integration of appropriate technologies.

The main material of the research thesis.

Therefore, taking into account the above, the task of developing an innovative tool to improve the safety and efficiency of navigation of shipmasters with the help of specialized glasses arises. This would also be appropriate if crew members are in poor health or under stress [1]. To implement the proposed solutions, a detailed plan for software and hardware implementation of the idea was developed:

1. Software Implementation:

1.1. Neural Network Development for ECDIS Screenshots Analysis:

Training the model with large datasets to identify objects and hazardous elements on the ECDIS screen using convolutional neural networks (CNNs).

1.2. Detection and Alert System:

Developing algorithms to analyze normalized screenshots for potential hazards and generating textual warnings with color changes and sound alerts for high-risk scenarios.

1.3. User Interface:

Creating a convenient and intuitive interface, including normal visualization and internal screen for alerts, with customizable alert sensitivity and danger types.

2. Hardware Implementation:

2.1. Component Selection:

Glasses with an integrated camera and lens used as a display, high-quality display and camera for rapid image transmission, and a microcomputer like Raspberry Pi for data processing [2].

2.2. Integration with ECDIS:

Developing software for real-time image reading and analysis from ECDIS and accurate transmission of navigational information between ECDIS and glasses.

2.3. Power Supply and Mobility:

Selecting batteries with sufficient operational time for prolonged use and ensuring the glasses are lightweight and comfortable in harsh conditions.

3. Testing and Optimization:

Field Tests: Evaluating the system's effectiveness and reliability in real conditions and gathering feedback from mariners to further refine functionality and interface [3].

4. Technological Solutions for Stabilization and Focusing:

Image Stabilization: Incorporating optical and electronic stabilization to compensate for head movements.

Autofocus: Using contrast and phase detection autofocus for quick and effective focusing.

ECDIS Tracking: Employing machine vision and artificial intelligence algorithms for ECDIS identification and tracking [4].

Lighting Adaptation: Implementing HDR and automatic adjustments for white balance and ISO to ensure high-quality imaging.

Conclusion. The proposed technology reduces the impact of human error by automating the detection and response to navigational threats [5–7]. Instead of constantly monitoring multiple displays, the mariner receives essential information directly in front of their eyes, allowing for quicker responses to changes in the navigational environment. This not only reduces the likelihood of errors but also enhances the overall marine safety [8, 9]. The development and implementation of such glasses could significantly contribute to the maritime industry, enhancing safety, efficiency, and autonomy of mariners in managing maritime vessels.

REFERENCES

1. Popovych Ihor, Halian Ihor, Halian Olena, Nosov Pavlo, Zinchenko Serhii, Panok Vitalii. Research on personality determinants of athletes' mental exhaustion during the ongoing COVID-19 pandemic. Journal of Physical Education and Sport, 2021, 21(4), p. 1769–1780. https://doi.org/10.7752/JPES.2021.04224.

2. Muroi, Kenzo & Kyogoku, Shinsuke & Sakano, Yasuaki & Sakamoto, Hajime & Nakazeko, Kazuma & Koyama, Kazuya & Fukunaga, Issei & Hori, Kensuke & Kotake, Kumiko & Nojiri, Shuko & Sekine, Miwa & Nishizaki, Yuji & Daida, Hiroyuki. (2024). An analysis of the effectiveness of reflective learning through watching videos recorded with smart glasses – With multiple views (student, patient, and overall) in radiography education. PLOS ONE. 19. e0296417. 10.1371/journal.pone.0296417.

3. England, A. & Thompson, J. & Dorey, Shaun & Al-Islam, Shofiq & Long, M. & Maiorino-Groeneveld, Carla & McEntee, Mark. (2023). A comparison of perceived image quality between computer display monitors and augmented reality smart glasses. Radiography. 29. 641-646. 10.1016/j.radi.2023.04.010.

4. Wang, Qingwu & Zhong, Ming & Shi, Guoyou & Zhao, Jian & Chunjiang, Bai. (2021). Route Planning and Tracking for Ships Based on the ECDIS Platform. IEEE Access. PP. 1–1. 10.1109/ACCESS.2021.3078899.

5. Solovey, O., Ben, A., Dudchenko, S., Nosov, P. (2020). Development of control model for loading operations on Heavy Lift vessels based on inverse algorithm. Eastern European

Journal of Enterprise Technologies, 5/2 (107), 48–56. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214856.

6. Носов П. С., Тонконогий В. М., Яковенко О. Є. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента // Тр. Одес. политехн. ун–та. Одесса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006. – С. 118–122.

7. Zinchenko S. M., Nosov P. S., Popovych I. S. Control redundancy as a quantitative measure of maneuverability // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 3(21). С. 23–35.

8. Zinchenko S. M., Ben A. P., Nosov P. S., Mamenko P. P., Mateichuk V. M. Improving the Accuracy and Reliability of Automatic Vessel Motion Control Systems // Materials of the XII International Scientific and Practical Conference "Advanced Information and Innovative Technologies for Transport (MINTT – 2020), May 27–29, 2020, Kherson p. 54–58.

9. Nosov, P. S., Popovych, I. S., Cherniavskyi, V. V., Zinchenko, S. M., Prokopchuk, Y. A., & Makarchuk, D. V. (2020). AUTOMATED IDENTIFICATION OF AN OPERATOR ANTICIPATION ON MARINE TRANSPORT. Radio Electronics, Computer Science, Control, (3), 158–172. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-15.

PROBLEMS OF MEANING, UNDERSTANDING, COMPUTABILITY AND ADAPTABILITY IN ARTIFICIAL COGNITIVE SYSTEMS

[1]Prokopchuk Y., [2]Nosov P., [2]Ben A.
[1]Institute of Technical Mechanics of NASU, [2]Kherson State Maritime Academy

Introduction and problem setting. The heightened intelligence, augmented reality, symbiotic nature, increased fault tolerance, and flexibility claimed by next-generation transportation and production systems entail profound modifications to the core of management systems [1–20]. This report is devoted to finding an answer to the question: What is the specificity of human interpretation of "meaning", "understanding", "computability", "adaptability / flexibility", "learnability" and how to take this specificity into account when creating artificial cognitive systems? A constructive answer to this question will help in the development of robust hybrid control systems for complex transportation systems. The search for an answer is based on the Limiting Generalizations Paradigm (LGP) [7]. LGP is interpreted and integrated into new ways of thinking about the processes of creating engineering / technical systems.

The applied aspect of the research is to implement the Bio-Inspired Holonic Approach in the control architecture of (autonomous) transportation systems, and to investigate ways to enhance situational awareness through a cognitive approach. Situational awareness refers to an accurate understanding of what is going on around you and what might happen based on information from all available sources in a mixed reality environment (Visualization of Ships in a Mixed-Reality Environment and Automated Situational Awareness) [1]. In the LGP framework, this means automatically solving a "continuum of distinguishing tasks" using a network of assistants (Self-Aware Computing Systems) [3, 9]. Augmented reality with "digital twins" and swarm intelligence can significantly reduce or eliminate any disturbances in the perception of the situation, which is especially relevant in road and marine transportation (Physical-Virtual Synchronization in the Vehicular Metaverse [2]). Cognitive technologies can amplify the effect.

Conceptualizing Infinity. The human-like concepts of "meaning," "understanding," "deducibility/computability," "adaptability," and "learnability" rest on seven infinities (The Nature of Meaning and its Components; Emergent Behavior in LGP-based AI):

– infinity of context of any (real) event (The human brain integrates information to create mental facts / events);

– potential unlimited network of sketches of any image (sketch networks are the basic element in the generation of meaning);

– worldlikeness (infinity, entanglement) of subjective reality / knowledge;

– an infinite variety of idea-patterns of goal attainment; an infinite variety of (recursive) execution mechanisms, including radicals, outsourcing and "Black-box algorithms" (Open-ended Repertoires of Skills);

– unlimited number of hybrid coalitions and assistants for any task (Internet of assistants; intelligent agent web);

– continuum of distinguishing tasks in scene analysis (concept of «Creative Stirring / Mixing Layer»);

– infinite in time and space echo of events on the basis of the expanding causal model of the World (the problem of reflection and reward evaluation in the context of growing experience: a reasoned analysis of potential consequences).

This fundamental fact must be taken into account in the design of "Self-Aware Computing Systems", “Reflective Artificial Intelligence” and "Autonomous Transportation Systems". Autonomy, World-likeness (World-Like Systems) and awareness are key properties of any system that is considered intelligent [7].

Problem of meaning and understanding. "What is meaning?" – is one of the most complex and yet traditional topics for cognitive research [7]. In its most general form, "Thinking

is the operation of meanings." Natural intelligence is about meaning. Networks of sketches create meanings (Cognition as sense-making; A Naturalistic Explanation of Meaning within Embodied Cognition; Meaning generation as a key item for artificial intelligence). We should agree with one of the founders of cybernetics, Heinz von Förster, that we do not reflect, but invent, construct the world. Everyone creates, enactivates for himself his own world, constructs his own reality. This is the essence of worldlikeness and the fundamental nature of vagueness [4]. Sketch networks answer the question: «What Vague Objects are Like?» The meaning is always vague (Sketches and traces of memory are blurry; Natural estimates of any parameters and characteristics are always vague; The event's echo or reward is always vague; Objects in the distance or in the background are always blurry; Initial design ideas and strategic plans are always vague; Emotions and mood are always a vague assessment; Vague Identity; Vague Objectives; Vague time, and vague location; Measurement error; The ambiguity and flexibility in commonsense reasoning; Fuzziness, uncertainty, and vagueness of spatiotemporal objects; fuzzy relationships between vague spatiotemporal objects).

The concept "The Meaning of Information" is directly related to the problem of understanding and formal description of subjective processes. Cognitive systems produce primarily the meaning of information, which is used to increase awareness, solve problems of distinguishing (naturalistic decision making) and organize behavior, activities. It is important to emphasize that without formalization of the concept "meaning of information" consideration of the issues of subjective understanding, situational awareness is impossible [7].

For LGP, the following provision by Gregory John Chaitin (one of the founders of algorithmic information theory) plays an important role: A model is better if it can explain more with less, which is at the core of Chaitin's "compression is comprehension" [11]. This provision is the basis of the LGP-algorithm for finding "critical sketches" of different phenomena, as well as the concept of "thin slice" heuristics in distinguishing tasks.

According to Occam's Razor, of two theories explaining some data, the simpler one should be preferred. In other words, the best theory is the shortest program that allows us to calculate the results of the observations (analog of Minimum Description Length Principle). A useful theory provides information reduction: **making sense of data is compressing it into concise (algorithmic) descriptions.** The simpler the theory (theory sketch), the better the understanding of the essence of the phenomenon. Both fundamental principles underlie LGP.

The German and Swiss scientist Jürgen Schmidhuber made a significant contribution to the development of formal methods for describing mental / cognitive processes. Focus of his attention [12]: «Driven by Compression Progress: A Simple Principle Explains Essential Aspects of Subjective Beauty, Novelty, Surprise, Interestingness, Attention, Curiosity, Creativity, Art, Science, Music, Jokes». Let us emphasize the key idea: **one and the same basic mechanism causes a whole range of cognitive/psychic phenomena**. Note that the LGP-concepts "critical sketches," "thin slice heuristics" in distinguishing tasks, cogs, and "pattern schemas" are also the result of extreme unconscious categorization (semantic compression resulting in a "dry residue" or "thin slice").

To begin bridging the 70-year gap between Shannon information and semantic information, philosopher Daniel Dennett and his colleagues organized a working group at the Santa Fe Institute (SFI: The Complexity Institute) called "The Meaning of Information" (2017). The group brought together physicists, engineers, evolutionary biologists, linguists, philosophers, and neuroscientists. The task of the group (seminar) was to identify the most fundamental cases of semantics of meaning, to study their properties and consequences: in physics, engineering, biology; in semantics of natural languages. The goal was to develop an alternative interpretation of information through its meaning. Harvard biologist David Haig offered the following definition at the seminar (Sensemaking) [13]: “I propose that meaning be considered the output of the interpretive process of which information is the input.” It should be noted that the superstructure of the "sketch network" (2008), which is the basis for the formalization of the subjective within LGP, meets this definition.

David H. Wolpert (Santa Fe Institute) presented at the seminar a unified theory, which from his point of view gives a formal description of semantic information and which is applicable to all sciences and all kinds of physical systems (animate and inanimate) [14]: “We define semantic information as the syntactic information that a physical system has about its environment which is causally necessary for the system to maintain its own existence.” "Maintaining existence" is defined in terms of the system's ability to keep itself in a low entropy state. According to D. Wolpert, this theory explains and formally describes why the same information: for one person (and in general, for any physical system) makes sense, and for another – not; for one has value, and for another - not; for one is the truth, and for another – not. Note that LGP-concepts of criticality respond to "the system's ability to keep itself in a low entropy state."

Hermann Haken interpreted self-organization as the self-generation of meaning, understanding meaning as "a new quality of the system" (physics of spontaneous formation of novelty) [15]. LGP associates the "self-generation of meaning" primarily with structural and dynamic inflation, with the self-construction of networks of sketches, "arrows of time" and "arrows of causality" within a world-like system.

Peter Gärdenfors proposed the concept of Conceptual Spaces as a central tool for representing semantic information [16]. In his opinion, conceptual spaces can be used as a basis for formal cognitive semantics. In the LGP framework, conceptual spaces are formed on the basis of connected (entangled) networks of sketches. In essence, the networks of sketches form pre-verbal concepts with the subsequent development of the conceptosphere and language.

Situational awareness arises as a result of active solution of a "continuum of distinguishing tasks" (a blurred "cloud of meanings" is formed). Each individual distinguishing task is solved with the help of a stochastic "creative mixing layer" within the situational space of possibilities (contains all currently available mechanisms / algorithms). Here, we propose that, besides complexity, chaoticity may be another necessary condition for conscious brain functioning.

It is assumed that sketch networks, networks of sketch networks underlie such brain functions as the ability to "find similarities", "generalize", "create abstract concepts" (rough sketches, iconic signs), "highlight the gist" ("thin slice" – Invariant Region, Computational Wisdom), "pointing", "acting on intuition / premonitions", etc. Meaning is always manifested in the "game of differences" and similarities. The dichotomy differences – similarities is fundamental to understanding the meaning-making mechanisms.

Sociality permeates individual cognitive processes so deeply that, according to the American philosopher Shaun Gallagher [17], individuality is derived from collectivity. In societies, the prerequisites for joint meaning-making, which are inaccessible to individuals individually, are formed. This means that there are supraindividual social formations through which we achieve certain cognitive processes (Gallagher ironically called them "mental institutions"). This fact is taken into account by LGP in all entities, including sketch networks and patterns. This is important for the formation of hybrid commands for controlling transportation systems.

Here is a possible scheme for the formation of meta-concepts/theories at the personal and social levels

{Observations} –> {Explanations} –> {Quasi-religion} –> {Religion}, WorldView, Norms / SocialOrder, Philosophy/Science

Meta-structures impose constraints on the interpretation of events by immersing them in a single frame of reference.

Sketch networks, inducers/predictors, "causality arrows" and morphological interneuron connections are primarily responsible for generating meaning, entanglement in the network of sketch networks. Limiting meaning is contained in the critical sketches of any information, a "thin slice" of heuristics within each distinguishing task. The learned information becomes part of the agent's "Body-Affectome-Connectome-Cognitome-Interactome" and its "Causal World

Model". Any scientifically and philosophically satisfactory view of mind must take into account the ways in which cognition, meaning, language, action, and values are grounded on this embodiment.

Criticality acts as one of the fundamental natural mechanisms of the universal creative process - striving for beauty and perfection (The Aesthetics of Meaning and Thought: “Beauty is when more phenomena are explained by fewer elements”, Richard Feynman). The dynamics of feelings in the process of maturation of the sketch network and emergence of the critical layer of sketches in the task of distinction can be shown by the scheme

Suffering from Ignorance –> Aesthetic Sense of Beauty/Perfection

We can conclude that this scheme is one of the cornerstones of the concepts of "Soul/Spirituality" and "Subjectivity". Another cornerstone is the "spiritual networks of sketches" and "spiritual patterns". These concepts are important for the construction of the General Theory of Information (An Evolutionary Model of the Emergence of Meanings).

Leaps of categorization during latent emergence of new sketches can lead to sudden solution of some tasks. In other words, the build-up of networks of sketches (explosive growth, subjective inflation) can reveal to a large extent the nature of cognitive processes of incubation, dynamic creativity, and insight (a model that explains both insight and incubation phenomena). The concept of insight emphasizes the subjective side of what has been called the "Aha-experience" in psychology. For the first time, a holistic psychological model to explain both incubation and insight was given by Poincaré.

Understanding is a product of mental modeling. Mental modeling is a form of information production within the cognitive system that extends human cognition "beyond the information provided" (Bruner, J.S., Beyond the Information Given, 1973). Mental modeling provides forms of learning and prediction that are unique to humans, enabling robust performance in unfamiliar environments with no precedent in past history [5]. Understanding through generalization, synthesis, abduction and prediction complements learning and helps to overcome the inertia of learned behavior. Generalized patterns of behavior and actions are formed, in particular, on the basis of generalization of patterns of Subjective Space-Time-Action (the concept of "Double Helix of Action-Thoughts").

The construction of multi-scale, competitive sketches of any information symbolizes the growth of its subjective understanding. As a rule, the more sketches of a phenomenon/image/object there are, the better the understanding of this phenomenon/image is (Meaning as a Multi-Scale Phenomenon). A deeper understanding of the phenomenon is related to the development of inductor space (entanglement), the "web of events", intuition, multiscale "causal model of image/object", "arrows of causality" (different kinds of causal asymmetry), "Causal Model of the World", "body schema", and possibility spaces. At some level of generalization, it is possible to verbalize the sketches (the highest level of understanding / awareness).

Embodied understanding is not simply a conceptual thought activity, but rather constitutes our basic way of being and interacting with our environment on a deep intuitive level [5, 7]. The ability of intuitive foresight, anticipation in situations of high input uncertainty arises through the generation of (rough) sketches. Such Mind (or AI) is capable of understanding things it has never encountered before, extracting similarities from past experiences, experimenting with ideas, generalizing, extrapolating, and recognizing objects when viewed from a different perspective. **Any true understanding does not begin at the conceptual level, but at the level of intuitive grasping of the image of what is understood**. And although the image does not have the precision and clarity of conceptual structures, it has a great potential for heuristics (The Nature of Vagueness).

Understanding of information, events is also formed from the explanations of other agents, such as assistants. The concept of sketch networks with explanations-interpretations by other agents of events form the basis of the "Theory of Mind". This theory allows the creation of

models of other agents' behavior, which is especially important for hybrid vehicle control systems.

The network of sketch networks is characterized by "entanglement". Generalized entanglement creates wholeness, unity. It is the wholeness of the mental sphere that is responsible for instant understanding of the situation (a continuum of heuristics of different distinguishing tasks is triggered). This quality is especially important for critical technologies and autonomous systems.

The meaning of information is also the partially realized degree of satisfaction of explicit and implicit (informational) needs of the agent in the current situation. Hence the paradoxical, momentary, subjective, emotional nature of the meaning. At any other moment, it will be a different context, experience, needs, emotions, and, accordingly, a different meaning. Different dynamic "meanings" can coexist simultaneously, generating many competing sketches of "meanings" (situational, meaning network of sketches). It is clear that different observers with different experiences and psychophysical states produce different sketches of meaning for the same information. All sense interpretations of assistants are united in one agent's sense network.

The degree to which the agent's information needs are satisfied is the greater the greater the development of the agent's mental sphere (increased number of images and/or number of image sketches; increased coherence of the mental sphere; increased experience in the form of Subjective space-time-action, narrative space, possibility space, etc.). The result of such multiple multiscale processes of inclusion and restructuring is the formation of the agent's integral experience, the increase of his wisdom. Perhaps, this is the main meaning.

A mathematical model of the meaning of the signal (variable, parameter) is proposed. The signal model is a "living structure" (“evolving entity” that exists due to events constituting its evolution: the evolution and circulation of energy is taken into account). The signal model includes a "cognitive number" model (the signal range is a combination of cognitive numbers). Eight aspects of signal meaning (semiotics, a theory of meaning-making, a sense-nonsense theory and signification; methods to manage complexity) [7]:

1) Interpreting the signal as networks of sketches oriented to different contexts (Ontology: Meanings, Their Hierarchy, and Evolution; Semiotics of Potential Meanings);

2) Formation of coordinate systems of distinguishing tasks, mental modeling, phase spaces and sketches of images;

3) The measurement/use of a signal is always accompanied by a Context that is potentially infinite;

4) Measuring or querying the value of a signal activates a set of multi-scale distinguishing tasks (according to a network of sketches) and, consequently, situational possibility spaces (problem-solving mechanisms, including the experience of the agent and coalitions of assistants);

5) Comparison of predictive values of the signal (intuition) and measured values allows to check the correctness of measurement systems operation;

6) Activation of distinguishing tasks caused by signal measurement leads to incubation of related heuristic spaces and creative search of new mechanisms for solving distinguishing tasks, i.e. expansion of situational Spaces of possibilities;

7) Under the action of a signal (possibly as part of an information composite, such as an event or heuristic), the agent's situational awareness, behavior, dynamics, and state (its knowledge, memory, intentions, purposeful actions, etc.) change;

8) Signal sketch networks are involved in collapsing and unfolding the meanings of communication messages.

Problem of computability [6]. How do intelligent agents create and use integrated processing-action modes that span brain, body, and world? It has been shown [7, 8] that algorithm/action schemes are derived, in particular, from mechanisms of generalized entanglement and experience (inductor space, Subjective space-time-action, etc.; Human-Computability Boundaries). Since each action has a certain resource-dependent "cost", the

solution to the Recruitment Puzzle in a rather general formulation can fulfill the following principle [18]: The “best” programs (mechanisms) are the programs with a minimal cost (optimal if the highest quality solution is found; search optimal if the cheapest algorithm finding a solution is found; totally optimal if the highest quality solution with minimal search cost is found). As a rule, the "cheapest" mechanisms-algorithms-programs are embodied automatisms (innate and acquired skills), functional systems and radicals [8].

Active Data Selection: "criticality hypothesis". One of the goals of LGP is to uncover the principles of active data selection [7]. Optimizing data selection ensures that we can achieve good inference with less data, saving on computational and experimental costs. Examples are critical sketches, "thin slice heuristics" in distinguishing tasks.

Problem of adaptability. Adaptive behavior relies on context-specific rules that vary across situations, as well as on stable knowledge gained from experience. However, the mechanisms that allow these influences to be appropriately balanced remain elusive. Understanding how human cognition flexibly supports distinct forms of behavior is a key goal of cognitive science, control theory and AI. LGP offers a wide range of methods for defining action schemes and action execution mechanisms based on generalization of experience [7].

Wholeness or Living Structure. The essence of the LGP-approach to formalizing / modeling the "Cognitive Technical/Artificial System" is the concept of "Living Smart/Cog-Structure" [9, 10] (Smart-Everything Paradigm). Bio-Inspired Holonic Approach: The parts are as complex as the whole (For example: Any Sensor is a Cognitive Sensor or Cognitive Agent); Everything is enfolded into everything; ALL of Nature's laws work (ALL formal approaches); Total diversification of measurement/control channels, execution mechanisms (Modeling cognitive diversity in group problem solving; Diversity’s Logic: The Diversity-Ability Trade-Off). Methodologically, we consider the future transportation system as a "living" cognitive system or an ecology of interacting subsystems, each of which is also a "living" cognitive system (Bio-holonic approach to the creation of naturally reliable and safe transportation systems; Robust Artificial Cognitive Systems).

Using participatory sense-making as an approach (The concept of a distributed network of sketches; An agent's "intelligent web"; An Internet of Assistants; “Thinking Swarm”), we rethink conceptions of autonomy and openness in AI and enactivism, shifting the focus away from living systems to allow incorporation of artificial systems into social forms of sense-making. A future-oriented solution is the "Thinking Swarm of Cognitive Agents" (Universal Computing Framework).

Conclusion. A general framework is proposed to broaden existing decision-making theory to enable it better to understand and analyse how subjectively means-end rational actors cope when the assumptions of traditional optimising models fail to hold (a theory of choice under radical uncertainty – situations where outcomes cannot be enumerated and probabilities cannot be assigned). A mathematical model of wholeness is developed. This model underlies "meaning", "understanding", "adaptability/flexibility" and "computability". A mathematical model of the meaning of the signal (variable, parameter) is proposed.

The approach of systems engineering as a transdisciplinary and fundamental meta-discipline that supports and enables collaboration between all disciplines that must participate in the design, creation, use and development of a system has been further developed. A new set of systems engineering tools is proposed to better handle a wider range of complicated, complex and chaotic problem situations. Implementations of the approach are discussed in [19, 20].

REFERENCES

1. Fossen, S., Bye, R., Osen, O. (2018). Visualization and Collision Risk Assessment of Real Ships in a Mixed Reality Environment using Live Automatic Identification System (AIS) Data. In Conference: 2nd European Conference on Electrical Engineering & Computer Science (EECS’18). 10.1109/EECS.2018.00048.

2. Xu, M., Niyato, D., Zhang, H., Kang, J., Xiong, Z., Mao, S., Han, Z. (2023).

Generative AI-empowered Effective Physical-Virtual Synchronization in the Vehicular Metaverse. 10.48550/arXiv.2301.07636.

3. Kounev, S., Kephart, J., Milenkoski, A., Zhu, X. (eds.) (2017). Self-Aware Computing Systems. Springer Cham. 10.1007/978-3-319-47474-8.

4. Syropoulos A., Papadopoulos B. K. eds. (2021). Vagueness in the Exact Sciences: Impacts in Mathematics, Physics, Chemistry, Biology, Medicine, Engineering and Computing, Berlin, Boston: De Gruyter. https://doi.org/10.1515/9783110704303.

5. Yufik YM, Friston KJ, Moran RJ (2022) Editorial: Understanding in the human and the machine. Front. Syst. Neurosci. 16:1081112. doi: 10.3389/fnsys.2022.1081112

6. Copeland, B. & Posy, C.J. & Shagrir, O.. (2013). Computability: Turing, gödel, church, and beyond. MIT Press.

7. Prokopchuk Y. (2022). Intuition: The Experience of Formal Research. Dnepr, Ukraine : PSACEA Press. 724 p. (in RU).

8. Prokopchuk Y. (2024). The Concept of “Cognitive Computability”. Conference: "International Scientific and Technical Conference Information Technologies in Metallurgy and Mechanical Engineering", Dnipro, Ukraine: Ukrainian State University of Science and Technologies. Pp. 204 - 210. DOI: https://doi.org/10.34185/1991-7848.itmm.2024.01.035.

9. Prokopchuk Y., Nosov P. (2023). Trusted autonomous systems: organization of the "thinking swarm". Proceedings of the International Scientific Conference "Information Technologies and Computer Modelling" (July, 6th to 8th Ivano-Frankivsk). Ukraine, Ivano-Frankivsk: Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, pp. 104 – 107.

10. Prokopchuk Y., Nosov P., Zinchenko S., Ben A. (2023). Bio-holonic approach to the creation of naturally reliable and safe transportation systems. Materials of the 15th Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovative Technologies in Transport (MINTT-2023)» (May 24-25, 2023, Kherson). Kherson, Ukraine: XSMA. P. 37 – 41.

11. Chaitin G. J. (2003). From Philosophy to Program Size. Tallinn Institute of Cybernetics.

12. Schmidhuber J. (2009). Simple Algorithmic Theory of Subjective Beauty, Novelty, Surprise, Interestingness, Attention, Curiosity, Creativity, Art, Science, Music, Jokes. Journal of SICE 48(1), 21-32.

13. Haig D., Dennett D. (2017). Haig’s ‘strange inversion of reasoning’ (Dennett) and Making sense: information interpreted as meaning (Haig). [Preprint] URL: http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/13259 (accessed 2018-08-08).

14. Kolchinsky A., Wolpert D. (2018). Semantic information, agency, and nonequilibrium statistical physics. arXiv:1806.08053.

15. Haken, H. (1988). Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems. Berlin,. Germany: Springer.

16. Gärdenfors P. (2014). The Geometry of Meaning: Semantics Based on Conceptual Spaces. MIT Press.

17. Gallagher S., Zahavi D. (2020). The Phenomenological Mind. London: Routledge.

18. Eberbach, E., Strzałka, D. (2021). In Search of Machine Learning Theory. In book: Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2021, Volume 1. FTC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 358. Publisher: Springer. 10.1007/978-3-030-89906-6_40.

19. Ponomaryova, V., Nosov, P., Ben, A., Popovych, I., Prokopchuk, Y., Mamenko, P., Dudchenko, S.,Appazov, E., Sokol, I. (2024). Devising an approach for the automated restoration of shipmaster’s navigational qualification parameters under risk conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (3 (127)), 6–26.doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296955.

20. Nosov, P., Koretsky, O., Zinchenko, S., Prokopchuk, Y., Gritsuk, I., Socol, I., Kyrychenko, K. (2023). Devising an approach to safety management of vessel control through the identification of navigator’s state. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (3 (124)), 19–32. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286156.

INFORMATION SYSTEM OF AN AIR TRANSPORT ENTERPRISE BASED ON INTELLIGENT TECHNOLOGIES

Shevchuk D. O., Steniakin I. A.
National Aviation University (Ukraine)

Introduction. In today's era, information systems have become an integral part of the functioning of enterprises in various industries, including the air transportation sector. The use of intelligent technologies in information systems can significantly increase operational efficiency, improve decision-making processes, and the quality of customer service. This article explores the integration of Salesforce CRM and Einstein AI in the context of air transportation companies.

Salesforce CRM, or Customer Relationship Management, is a cloud-based platform developed by Salesforce that helps organizations manage interactions and relationships with customers and prospects. It provides a centralized repository for storing customer data such as contact information, interactions, transactions, and preferences.

Einstein AI, on the other hand, is an artificial intelligence (AI) platform integrated within Salesforce CRM that adds intelligence and predictive capabilities to the system. Named after the renowned physicist Albert Einstein, Salesforce Einstein leverages machine learning, natural language processing, and advanced analytics to analyze vast amounts of data, derive insights, and automate tasks. It enables organizations to make data-driven decisions, personalize customer interactions, and enhance productivity across various business functions. Some key features of Salesforce Einstein include predictive lead scoring, opportunity insights, automated email responses, sentiment analysis, and recommendation engines.

Relevance of the study. Airline companies operate in a dynamic environment characterized by complex processes, strict regulations, and high customer expectations. In such an environment, effective information management is crucial to ensure smooth operations, optimize resource utilization, and provide high-quality services. By implementing intelligent technologies, air transport companies can extract useful information from huge amounts of data, personalize the customer experience, and optimize business processes [1].

Problem statement. Traditional information systems in air transport enterprises often face challenges in adapting to changing business needs, analyzing large amounts of data, and providing real-time analytics. In addition, ensuring seamless integration between different functional areas, such as sales, marketing, and customer service, remains a significant obstacle. Addressing these challenges requires innovative approaches that leverage the power of intelligent technologies.

Research results. There are next common intelligent technologies in air transport industry: revenue management, air safety and airplane maintenance, feedback analysis, messaging automation, crew management, fuel optimization, in-flight sales and food supply, fraud detection, in-airport self-service and flight management and autonomus filghts.

The integration of Salesforce CRM with Einstein AI offers a comprehensive solution to the above problems. Salesforce CRM provides a unified platform for managing customer interactions, sales pipelines, and marketing campaigns. Einstein AI, on the other hand, uses advanced analytics, machine learning, and natural language processing to draw actionable insights from data, automate repetitive tasks, and improve decision-making. By combining these technologies, airline companies can gain a holistic view of their operations, anticipate customer needs, and drive business growth.

In general, Einstein AI has four main functions: machine learning (ML), natural language processing (NLP), computer vision and automatic speech recognition.

Machine learning, a subset of artificial intelligence, encompasses a diverse set of techniques aimed at enabling computers to learn from data and make predictions or decisions without explicit programming [2]. In the context of intelligent technologies used in various industries, including air transportation, machine learning plays a key role. Here are three key

machine learning techniques that are particularly relevant: Einstein Discovery, Einstein Prediction Builder and Einstein Next Best Action.

Einstein Discovery is a machine learning-based analytics tool developed by Salesforce. It's designed to automatically analyze data, identify patterns, and generate actionable insights without the need for extensive data science expertise. Using advanced algorithms, Einstein Discovery can detect correlations, trends, and outliers in large data sets, enabling organizations to make data-driven decisions and optimize business processes.

Einstein Prediction Builder is another machine learning tool from Salesforce that allows users to create their own predictive models without writing code. With Einstein Prediction Builder, users can define predictive outcomes based on historical data and business logic, such as predicting customer churn, forecasting sales trends, or identifying high-value leads. The tool automates the process of training, evaluating, and deploying models, making it accessible to business users across departments.

Einstein Next Best Action is a machine learning-based recommendation system that provides users with personalized recommendations based on their preferences, behavior, and contextual information. By analyzing customer data in real time, Einstein Next Best Action can suggest the most relevant actions or offers that will drive engagement, increase conversions, and improve customer satisfaction. Whether it's recommending products, services, or marketing campaigns, this tool allows organizations to deliver customized experiences that resonate with each customer.

Salesforce's Einstein AI suite has two additional components: Einstein Language and Einstein Bots.

Einstein Language is a natural language processing (NLP) tool that allows developers and administrators to create custom natural language understanding (NLU) models in Salesforce [3]. This allows applications to understand and interpret human language, enabling more advanced interactions between users and systems. Einstein Language can be used for a variety of purposes, including sentiment analysis, translation, object recognition, and intent classification. By analyzing textual data from emails, chat transcripts, social media posts, and other sources, Einstein Language can extract valuable information, automate processes, and improve customer service.

Einstein Bots are artificial intelligence chatbots that can be deployed in Salesforce to automate and optimize customer interactions across multiple channels, including websites, mobile apps, and messaging platforms. These bots use natural language understanding and machine learning algorithms to communicate with users, answer questions, provide assistance, and complete tasks in real time. Einstein bots can handle a wide range of requests, such as support inquiries, product recommendations, appointment scheduling, and order tracking, thereby reducing human workload and improving response times. Additionally, Einstein bots can easily escalate complex issues to humans when needed, ensuring a seamless and efficient customer experience.

According to the stated above Einstein AI features and their use can be summarized in the Table 1.

Table 1 – Benefits for an airline from intelligent technologies

Intelligent technology	***Benefits for an air transport enterprise***
Predictive analytics	Airlines can anticipate their customers' needs and offer them relevant products and services. Airlines can optimize their flight schedules and staffing levels, which can lead to cost savings.
Natural language processing	Airlines can communicate with their customers more effectively and resolve their issues more quickly.
Computer Vision	Airlines can inspect their aircraft more quickly and accurately, which can reduce maintenance costs.
Data analytics	Airlines can identify trends, uncover new opportunities, and mitigate risks.

Conclusions. In summary, the integration of intelligent technologies into the information system of air transport enterprises opens up significant opportunities to increase competitiveness and meet the changing needs of customers. Salesforce CRM and Einstein AI offer a powerful combination of capabilities that allow organizations to harness the full potential of their data, increase operational efficiency, and deliver personalized experiences. Going forward, continued investment in innovative information systems will be critical to staying ahead in the dynamic and competitive airline industry.

These machine learning methods, including Einstein Discovery, Einstein Prediction Builder, and Einstein Next Best Action, are powerful tools for harnessing the predictive power of data and making intelligent decisions in airline businesses. By using these technologies, organizations can gain valuable insights, anticipate future trends, and optimize customer experience, ultimately leading to increased operational efficiency and improved business results.

Einstein Language allows Salesforce users to leverage natural language processing capabilities in their applications, and Einstein Bots are artificial intelligence chatbots that automate and enhance customer interactions. Together, these components enable organizations to deliver personalized, efficient, and intelligent customer service across multiple channels.

LITERATURE

1. Shevchuk D, Yakushenko O, Pomytkina L, Medynskyi D, Shevchenko Y (2021) Neural network model for predicting the performance of a transportation task. In: Mottaeva A (eds) Proceedings of the XIII international scientific conference on architecture and construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 130. Springer, Singapore, pp. 271–278. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_27.

2. Shevchuk, D., Yakushenko, O., Steniakin, I., Shyshka, A. (2024). Delivery Route Optimization with Neuron Network. In: Nagar, A.K., Jat, D.S., Mishra, D., Joshi, A. (eds) Intelligent Sustainable Systems. WorldS4 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 803. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7569-3_36.

3. Równicka, Joanna & Sprenkamp, Kilian & Tripiana, Antonio & Gromoglasov, Volodymyr & Kunz, Timo. (2021). Digital Einstein Experience: Fast Text-to-Speech for Conversational AI.

УДК 656.12

СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ – НОВІ РЕАЛІЇ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО СУДНОВОДІННЯ

Бень А. П., Чернявський В. В., Носов П. С.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Новітні інформаційні технології докорінним чином змінили життя сучасного людства, вносячи істотні зміни практично в усі його сфери, починаючи від соціально-побутової і закінчуючи розвитком наукових досліджень. Не стала винятком і галузь судноводіння, яка отримала потужний імпульс розвитку, пов'язаний, перш за все, з появою електронних картографічних систем та високоточних засобів навігації, що забезпечило, в свою чергу, створення концепції e-Navigation, та автоматизації процесів керування рухом судна в цілому [1, 2]. Окремими важливим напрямком розвитку стала автоматизація систем керування судновими енергетичними установками, електроенергетичним обладнанням, допоміжними системами і механізмами.

Широке запровадження нових інформаційних технологій та автоматизованих систем керування дозволило знизити рівень аварійності сучасного судноплавства внаслідок зменшення негативного впливу людського фактору на процеси прийняття рішень, проте і породило ряд проблем, які потребують вирішення.

Основна частина. Поточний стан справ із практичного запровадження методів штучного інтелекту (ШІ) в галузі судноводіння можна охарактеризувати як: «вельми слабкий, але такий, що дуже стрімко розвивається». Серед основних напрямів, за якими здійснюється впровадження методів ШІ, слід зазначити:

– автономні судна та системи автономної навігації;

– СППР з керування рухом суден в складних навігаційних умовах та за наявності факторів ризику;

– технічна діагностика та прогнозування відмов суднового обладнання;

– енергетичний менеджмент процесів експлуатації суднових енергетичних установок та електрообладнання;

– керування вантажними операціями контейнеровозів та суден, що перевозять негабаритні і великовагові вантажі;

– планування ефективної роботи портової інфраструктури та портових терміналів;

– раціональне планування маршрутів руху суден та управління логістикою морських перевезень.

Разом з тим, істотними перепонами на шляху запровадження ідей, методів і принципів ШІ в галузі судноводіння, на наш погляд, є наступні:

– складність сертифікованої технічної інтеграції автоматизованих систем керування з елементами ШІ з існуючими навігаційними системами та системами керування судновими технічними засобами;

– необхідність гармонізації рішень, прийнятих системами з ШІ з нормативною правовою базою у сфері морського судноплавства, перш за все МППЗС-72, формалізація яких істотно ускладнена внаслідок неповної детермінованості;

– юридично-правові аспекти відповідальності за наслідки керування рухом судна згідно норм чинного законодавства у сфері мореплавства;

– інертність мислення осіб командного складу суден із запровадження новацій та побоювання втрати робочих місць внаслідок підвищення рівня автоматизації систем керування судном.

Незважаючи на вищезазначені проблеми, практичне впровадження ШІ в судноводінні продовжується і активно розвивається. На наш погляд, в умовах, що склалися, пріоритетними напрямками стануть наступні:

– створення СППР судноводія, що дозолять здійснювати керування рухом суден в складних навігаційних ситуаціях в режимі реального часу;

– подальший розвиток і вдосконалення систем автоматичної візуальної ідентифікації рухомих об'єктів (машинний зір), особливо в складних умовах спостереження, за наявності зовнішніх завад;

– розвиток моделей і методів координації колективної поведінки автономних суден (у тому числі у військовій сфері);

– планування маршрутів руху суден у відповідності до погодних умов та їх адаптивне корегування;

– раціональне керування трафіком морських суден у вузькостях та зонах інтенсивного мореплавства.

Слід зазначити, що найбільш перспективним напрямком стане саме запровадження СППР судноводія, оскільки такі системи виконуватимуть на початкових етапах впровадження лише інформаційно-дорадчі функції, остаточне рішення та відповідальність за прийняті рішення з керування судном, як і раніше, покладатиметься на капітана. Таким чином, міжнародна сертифікація не буде обов'язковою, разом з тим, капітани відчують користь від практичного застосування таких систем і подолають існуючі сумніви перед використанням ШІ в судноводінні.

Також широке поле для майбутніх інновацій по впровадженню ШІ буде за автономними суднами, оскільки відповідальність за процеси керування їх рухом буде покладено суто на автоматизовані системи керування, ядром яких стануть моделі поведінки на основі ШІ.

Окремим важливим напрямком застосування ШІ в судноводінні стане (і вже стала) військова сфера, де його застосування є єдиним можливим шляхом керування морськими безекіпажними суднами в умовах автономності та відсутності зовнішнього контролю та керування. В цьому напрямку особливого значення набуде розвиток методів координації цілеспрямованої групової поведінки безекіпажних морських суден на основі принципів ройового інтелекту.

В цілому, слід зазначити, що можливо, саме впровадження систем з ШІ стане поштовхом до загального перегляду нормативно правової бази морського мореплавства, перш за все у сфері координації взаємодії суден в ситуаціях розходження та можливого зіткнення, особливо МППЗС-72, які вже не відповідають поточному рівню розвитку засобів навігації та керування рухом.

Висновки. Застосування моделей і методів ШІ у поєднанні із запровадженням СППР, безумовно, започатковує нову еру в сучасному судноводінні, переводячи його на якісно новий технологічний щабель та відкриваючи нові можливості у сфері морських перевезень та морського озброєння. Зазначений процес вже розпочався, і ймовірно що у майбутньому він буде доволі стрімким, але у будь-якому випадку шлях ШІ в галузі судноводіння пролягатиме через успішне подолання низки проблем, зазначених в даній доповіді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Patraiko D. The Development of e-Navigation. Advances in Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Chapter 10: E-Navigation. TransNav. Monograph edited by Weintrit A. Gdynia Maritime University and the Nautical Institute, Gdynia. – 2007.

2. MacKinnon S. N., Weber R., Olindersson F., and Lundh M**.** Artificial Intelligence in Maritime Navigation: A Human Factors Perspective/In book: Advances in Human Aspects of Transportation, N. Stanton (Ed.): AHFE 2020, AISC 1212, pp. 429–435.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ОРГАНІЗАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Гаража Олена
д.е.н., доцент, професор кафедри організації авіаційних перевезень,
завідувач кафедри організації авіаційних перевезень,
Шевчук Дмитро
д.т.н., с.н.с., професор
Національний авіаційній університет, Київ
(Україна)

Сучасні менеджери активно використовують інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Для цього проводяться наукові дослідження у сфері створення та апробації інтелектуальних систем для обґрунтування варіантів рішень та вибору найкращого із них. Найпоширенішими видами із них стають математичні моделі та інформаційні системи. При чому вони можуть бути вузькоспеціалізованими за галуззю знань у певній сфері національної економіки, але мати властивість інтероперабельності із іншими інформаційними програмними комплексами. Вони розроблені на базі досвіду, майстерності фахівців, логічного міркування, тому охоплюють спектр наукових і практичних обґрунтувань, які допомагають набувати обґрунтованих варіантів рішень при проведенні певного виду робіт. Ефективне функціонування транспортної системи забезпечить значні прибутки, забезпечення робочих місць, покращення інфраструктури та соціально-економічного розвитку регіону. Підсилюючим фактором діяльності в галузі цивільної авіації стає практичне застосування сучасних комунікаційних та інформаційних технологій.

Інтелектуальна система – система, яка забезпечує розв'язування неформалізованих задач користувача в деякій предметній галузі та організовує його взаємодію з комп'ютером у звичних поняттях, термінах, образах [1]. Водночас, рішення – це набір дій стосовно об’єкту управління, який забезпечує приведення його до бажаного стану відповідно до визначеної мети [2]. Розумова діяльність людини і прояв її волевиявлення в контексті прийняття рішення супроводжується вибором варіанту рішень із великої кількості, встановлення мети, прояв вольового акту на основі власного досвіду та знань. В процесі прийняття рішення менеджером виникає сукупність обмежень стосовно обсягу інформації, яка міститься у власній пам’яті; одержання інформації можливе із довгострокової пам’яті і органів почуттів; при проведенні розрахунків можливі помилки та пропуски проміжних результатів; відсутність можливості точного прогнозування знаходження об’єкта управління у просторі і часі за короткий період. Сучасні теорії менеджменту більш схильні до положень структуризації інтелектуальних систем.

Сучасні автоматизовані інформаційно-аналітичні системи четвертого покоління застосовують аналізують інформацію та на цій основі надають можливість приймати відповідні рішення. Однією із складових частин стають інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. До головних їх ознак можна віднести: застосування сукупності знань експертів; використання штучного інтелекту як аналогу розумової діяльності людини; об єднання зусиль фахівців та програмно-технічних засобів для прийняття обґрунтованих рішень. Відтак, *інтелектуальна система підтримки прийняття рішень* у організації авіаційних перевезень – це взаємодіюча техніко-технологічна система, яка застосовується для підтримки прийняття рішень у сфері вирішення проблем з організації авіаційної діяльності, що базується на застосуванні штучного інтелекту. Відтак, використання штучного інтелекту передбачає створення правильного запиту, тому що менеджери звикли мати узагальнене уявлення, в той час як техніка потребує детальне та звужене представлення про об’єкт управління. Наразі потрібно впровадити двобічне мислення, яке

поєднає внутрішні знання та зовнішнє уявлення проблеми (декомпозиція мети та опис ситуації з прийняття рішення).

Загальновідомо, що людський інтелект зосереджений у мозку, який складається із нервових клітин, що називають нейронами. Відтак, на основі структурного моделювання розроблений штучний інтелект, який містить моделі програмно-технічних схем, наповненими окремими нейронами. В практичній діяльності найчастіше використовують феноменологічний підхід до формування різних алгоритмів, які відтворюють окремі функції людського інтелекту. Особливо актуально застосування штучного інтелекту в організації авіаційних перевезень і в авіаційній галузі взагалі. Головна увага приділена підвищення якості підготовки пілотів, навчальний процес яких займає довготривалий період, сповнений наземними тренуваннями на імітаційних тренажерах та низкою сертифікаційних підтверджень. Завдяки штучному інтелекту розширяється не тільки візуальний огляд з реалістичною симуляцією, але й фіксується поведінка пілота з його манерами бачення ситуації та прийнятими рішеннями під час проходження навчання. Водночас, подібний тренажер не тільки фіксує та надає оцінку набутим навичкам і знанням майбутнього пілота, але й складає динаміку прогресу його навчання льотній справі. Відтак, сучасні експериментально-навчальні центри створюють багатомільйонні інвестиційні проекти з розробки сучасних високотехнологічних систем для навчання пілотів із застосуванням штучного інтелекту, який відповідає сучасним світовим стандартам, виключаючи суб'єктивні погляди окремого викладача. Відтак, завдяки поєднанню штучного інтелекту з біометричними системами та системами віртуальної реальності, створюються новітні методи практичного навчання пілотів, які дозволяють охоплювати велику кількість учнів-авіаторів та допомагають їм розуміти помилки і шляхи їх усунення.

Поряд з цим, покращення технічного оснащення літака в контексті управління його польотом і допомогою пілоту із застосуванням нових технологій на базі штучного інтелекту стає значним доповненням у роботі льотної команди, забезпечуючи ситуаційною обізнаністю та зменшенням витрат часу на управління окремими інструментами. Нова технологічна розробка «Telligence» від компанії Garmin дозволяє вести бесіду із літаком, віддавати прості команди голосом повітряному судну [3]. Іншим корисним винаходом від компанії ALIAS DARPA є розробка людиноподібного робота з руками, який може посісти місце другого пілота і самостійно натягує і відштовхує відповідні елементи управління, що сприяє автоматизації польотів та зменшенню членів екіпажу, а робота пілота буде більше зводитись до управлінської діяльності, ніж до виконавчої [3]. Система автопілоту ESP від Garmin допомагає контролювати висоту повітряного судна і направляє літак у вихідне положення згідно безпечного курсу, надати інформацію про найближчий аеропорт та точні дані про погоду в даний момент часу. Однак, для всебічного застосування штучного інтелекту у авіаційну галузь є одна значна перешкода – це час, тому що для забезпечення безпеки польотів необхідно пройти випробування та підтвердити сертифікацію, а технологічний процес розвивається великими темпами і короткий проміжок часу.

Для організації авіаційних перевезень впровадження штучного інтелекту має велике значення стосовно набуття економічної вигоди, підвищення ефективності та забезпечення надійності на основі впровадження сукупності заходів, серед яких розробка оптимізаційного маршруту; скорочення витрат на паливно-мастильні матеріали та запчастини, покращення технічного обслуговування транспортних засобів; автоматизація управління перевезеннями за визначеним маршрутом; скорочення ризиків при впровадженні транспортної діяльності; забезпечення безпеки перевезень та уникнення аварійних ситуацій. Штучний інтелект аналізує напрям маршруту, погодні умови, оточуючу інфраструктуру та потреби замовників перевезень; пропорціонально розподіляє товари на склади і визначає об'єми в їх запасах для оптимального їх наповнення та оптимальної доступності; створює прогнозні дані щодо попиту на товари на ринку на

основі аналізу ринкових коливань щодо пропиту та пропозиції, налагодження виробничого процесу та логістичної діяльності; відслідковує рух транспортних засобів у режимі реального часу, визначає стан товару, пакувальної поверхні, температури в контейнері; автоматизація руху товарів на складі в контексті приймання, розміщення, обробка заявок на товар та відправлення замовнику для уникнення помилок та пришвидшення обробки товарів; передбачення небезпечних та аварійних ситуацій.

Висновки. Основними перевагами використання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у організації авіаційних перевезень є: автоматизація поточних процесів (інформаційна обробка даних), що забезпечує вивільнення працівника для управлінської та творчої роботи; аналіз великих обсягів матеріалів та розробка на їх основі швидких і точних варіантів рішень; збільшення виробничо-економічних показників; виділення цінної інформації, цілодобова робота; заміна цілого штату працівників; безперервне навчання та вдосконалення системи. Відтак, це дозволяє підвищувати конкурентоздатність авіаційного підприємства, продуктивність виробництва, а управлінцям надає можливість точно, швидко і якісно приймати рішення на основі даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2481-94 Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни.

2. Нестеренко О. В., Савенков О. І., Фаловський О. О. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. посібн. / За ред. П. І. Бідюк. Київ: Національна академія управління, 2016. 188 с.

3. Штучний інтелект та авіація. AVIATOR UTC. URL: https://utc-aviator.com/iskusstvennyj-intellekt-i-aviatsiya.

РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ЧАТ-БОТУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ

Гітіс В. Б., Дамян Д.
Донбаська державна машинобудівна академія
(Україна)

Вступ. Задача розпізнавання об'єктів може вирішуватися при розробках в абсолютно різних галузях сучасного світу. Вона можуть мати також і різні рівні складності та точності. Ця наукова область на сьогоднішній день є однією з тих, що найбільш бурхливо розвиваються. Проте досі існує ряд не вирішених складнощів, що знижують ефективність роботи сучасних методів: зображення можуть мати низьку роздільну здатність; на зображеннях може бути складний, неоднорідний за кольором та фактурою фон; об'єкти на зображеннях можуть бути представлені при різному ракурсі, що створює візуальні геометричні та фотометричні спотворення; на зображеннях може бути безліч шуканих об'єктів.

Для усунення вищезазначених складнощів потрібно застосування різних додаткових підходів перед обробкою, що збільшує обчислювальну складність системи. Таким чином, можна зробити висновок, що сьогодні актуальна реалізація методів та алгоритмів, що дозволяють знизити вплив перерахованих вище складнощів на процес розпізнавання.

Робота систем розпізнавання дорожніх знаків спрямована на підвищення безпеки на дорогах, а також полегшення процесу водіння. Чим більше попереджень отримує система від зовнішнього середовища, тим надійнішим стає автомобіль та процес водіння. Водію фізично важко стежити за всіма параметрами дороги, особливо у тривалих поїздках. Програмне рішення здатне вирішити проблему з неуважністю та зменшити вплив людського фактору під час руху.

Щоб класифікувати зображення за відповідними категоріями, була побудована модель CNN (згорткова нейронна мережа), яка найкраще підходить для класифікації зображень. Для створення нейронної мережі буде використано бібліотеку Keras – відкриту бібліотеку, написаною мовою Python, яка забезпечує взаємодію зі штучними нейронними мережами. Вона є надбудовою над фреймворком TensorFlow.

Для навчання був використаний датасет GTRSB для Європейських дорожніх знаків, який містить у собі 40000 зображень [1]. Для максимальної ефективності їх розпізнання для кожного з цих знаків зроблено по 1–2 тисячі варіацій. Навчання за 30 епох зайняло на середньому по потужності комп’ютері близько 40 хвилин. В результаті була отримана точність, яка дорівнює 97 %. На рис. 1 побудовано графік, який показує точність і втрати.

Рисунок 1 – Графік точності та втрат

Для апробації та проведення експериментів нейромережева система розпізнавання була оформлена у вигляді Telegram-боту.

Після запуску бота можна через нього працювати з нейронною мережею. Для цього потрібно завантажити картинку, так, щоб було видно повністю знак для розпізнавання та трохи місця біля нього. Після цього програма виводить результат розпізнавання. На рис. 2. наведений приклад розпізнавання одного з дорожніх знаків чат-ботом.

Рисунок 2 – Відповідь бота на зображення

Висновки. Таким чином, побудований бот дозволяє із високою точністю розпізнавати завантажені зображення дорожніх знаків. Для подальшого розвинення засобу потрібно автоматизувати процес захвату зображення знаку.

ЛІТЕРАТУРА

1. German Traffic Sign Recognition Benchmark, 2022. URL: https://www.kaggle.com/datasets/meowmeowmeowmeowmeow/gtsrb-german-traffic-sign.

УДК 656.7: 658:005.5: 339.1

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ КОМЕРЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ АВІАКОМПАНІЇ

Грищенко Максим, Олефіренко Олександр
Національний авіаційній університет, Київ (Україна)
Науковий керівник – Дмитро Шевчук, д.т.н., проф.

Вступ. Сучасні авіакомпанії в останні роки переживають зміни у підході до комерційної роботи від класичного, який сформовано у кінці 80-х років з початком роботи перших онлайн систем дистрибуції до нової парадигми, що вплинуло як на канали та підхід до дистрибуції, так і до використання людського ресурсу і більшої уваги до мінімізації людського фактору. 25-літній період складних самостійних за своєю суттю та призначенням систем закінчився з масовим впровадженням веб-технологій, що створило нові передумови конкуренції як сегменті онлайн дистрибуції так і перегляду комерційної стратегії і впливу нових інструментів на процеси прийняття рішень.

Актуальність досліджень. Велика кількість різних за природою архітектури систем більшості авіакомпаній вимагають розробку все більшої кількості API, що свідомо ускладнює як розвиток наявних систем, так і створює вузькі місця в комерційних процесах. Для більш зрозумілого порівняння – це створення електрокара на платформі звичайного автомобіля: такий підхід вимушений, але неефективний, через непристосованість платформи звичайного автомобіля до принципів роботи електрокара.

Постановка задачі. Базовими процесами, які підпадають під нове розуміння проблем комерційної роботи авіакомпаній, стали: управління доходами, дистрибуція, власне менеджмент, застосування програм лояльності.

Для ефективної комерційної роботи сучасної авіакомпанії необхідно вирішити наступні базові проблеми:

1) створити гнучкий інструмент дистрибуції та управління доходами з простим управлінням та аналітикою 24/7 з метою забезпечення доступності правильної ціни у правильний час;

2) забезпечити мінімізацію людського фактора при прийнятті рішень – з вирішенням таких фундаментальних проблем як: суб’єктивність у прийнятті рішень, часові рамки, відсутність об’єктивної експертизи;

3) максимізувати ефективність використання програм лояльності як особливої складової процесу дистрибуції.

Потрібно розуміти, що сформований сучасний пасажирський авіаперевізник переважно став заручником існувавших на час його заснування технологій. Це переважно: застарілі GDS-системи, громіздкі за апаратною складовою вузькоспеціалізовані інструменти revenue management, створені спеціально для потреб перевізника примітивні інструменти для ведення баз даних програм лояльності, які в сукупності стратегічно управляються в ручному режимі командою менеджменту.

Вказані вище системи потребують не менш громіздких команд підтримки (в 2019 році відділ підтримки revenue management та тарифів Міжнародних Авіаліній України (25 літаків станом на лютий 2019 року) нараховував близько 50 працівників). Така кількість персоналу, розподіл персоналу за вузьким напрямком діяльності, втрата часу на необхідність вертикального погодження незначних змін в ціноутворенні приводять в сукупності до численних вузьких місць в комунікації та створенні внутрішніх перешкод для швидкого та експертизо-вивіреного прийняття рішень.

Результати досліджень. Технології визначають концепцію організаційної структури та загалом – бізнес-процеси, які і лежать в основі технології комерційної роботи. Застарілі технології збільшують час бізнес-процесу загалом та збільшують ризики

вчасного прийняття рішень, приводячи до ситуацій, коли рішення прийняте пізніше необхідного часу або взагалі втрачає актуальність.

Саме тому інноваційна концепція комерційних процесів буде логічною при створенні нових перевізників-стартапів, які зосереджені на вході на нові ринки, а значить – повинні бути максимально ефективними, щоб отримати конкурентні переваги над вже існуючими конкурентами.

Стартап повинен запропонувати інвестору таку бізнес-модель, яка була б ефективною та гнучкою саме в розрізі отримання доходів (витрати стартапа не будуть *apriori* нижчими, ніж у більшого та потужнішого конкурента). Цей підхід стає головним у формуванні комерційних процесів. В даному контексті інноваційність полягає в наступному:

– зосередження на власному інструменті веб-продажу;

– управління доходами повинно базуватись та процесно управлятись на інтегрованих в даний веб-інструмент алгоритмах та апаратній складовій;

– програма лояльності стає інструментом продажу і процесно впливає на цінову пропозицію безпосередньо під час покупки, базуючись на рейтинговості клієнта;

– принцип об'єднання функцій персоналу стає важливим та єдино правильним у адмініструванні модулів системи – запровадження адміністративної ролі;

– прийняття рішень проводиться 24/7 аналізі ситуації на рейсах, корегування виконуються, виходячи зі змін купівельної статистики по напрямках та дій конкурентів – що найбільш ефективно робити саме в нічний час – коли ситуація з цінами конкурентів носить переважно статичний характер і є можливість підготуватись до початку нового «купівельного дня»;

– прийняття рішень записується системою в розрізі: адміністратор-дата-час-рішення для ефективної аналітики та подальшого уникнення помилок.

Дані принципи є лише основними та базовими, проте дають змогу зрозуміти подальші напрямки розвитку комерційних процесів саме ефективної авіакомпанії в розрізі отримання доходів та максимізації ефективності.

Висновки. Згідно статистики IATA, кожного року (без врахування COVID-19 та подібних нетривіальних років) близько 15-20 авіаперевізників припиняють своє існування. На їх місце приходять нові, приблизно в такій самій кількості. Дефіцит пасажирських літаків на вторинному ринку, який розпочався в 2022 році, частково підтверджує дане твердження. Інноваційний підхід до комерційних процесів стане ключовим фактором, який ляже в основу авіакомпанії нової парадигми. Прийняття рішень без часових обмежень, мінімізація спеціалістів з вузькими знаннями, розвиток архітектури власного інструменту дистрибуції та revenue management без необхідності нагромадження різних неефективних інструментів та API від різних провайдерів дадуть змогу розробити та впровадити дійсно ефективну систему роботи з отримання максимальних доходів та створити передумови для подальшого розвитку авіакомпанії.

Постійний трекінг прийнятих рішень, або рішень, які знаходяться в процесі прийняття, дозволить уникати вузьких місць у внутрішній структурі, що зробить потік прийнятих рішень ламінарним, а отже – дасть змогу його ефективно аналізувати та мінімізувати вплив людського фактора.

ЛІТЕРАТУРА

1. IATA Database.
2. CH Aviation Database.
3. Brady, T., Davies, A., Gann, D. M. Creating value by delivering integrated solutions (2005) *International Journal of Project Management*, 23 (5 SPEC. ISS.), pp. 360–365.
4. Clausen, J., Larsen, A., Larsen, J., Rezanova, N. J. Disruption management in the airline industry-Concepts, models and methods (2010) Computers and Operations Research, 37 (5), pp. 809–821.

5. Belobaba, P., Odoni, A., Barnhart, C. The Global Airline Industry (2009) The Global Airline Industry, pp. 1–494.

6. Pérez-Méndez, J. A., Machado-Cabezas, Á. Relationship between management information systems and corporate performance (2015) Revista de Contabilidad-Spanish Accounting Review, 18 (1), pp. 32–43.

7. Porter, M. E. What is strategy? (1996) *Harvard Business Review*, 74 (6), pp. 61–78.

8. Macário, R., Meersman, H., Van de Voorde, E. COMPETITION AMONG EUROPEAN AIRLINES: PRICING STRATEGIES, YIELDS AND PROFITS (2019) *Advances in Airline Economics*, 8, pp. 77–89.

9. Holloway, S. (2003) *Straight and Level: Practical Airline Economics*. 2nd ed. Aldershot: Ashgate Publishing.

10. Starkie, D. (2009) *Aviation Markets. Studies in Competition and Regulatory Reform*. Farnham: Ashgate Publishing.

ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ГРЕБНИХ ГВИНТІВ

Єрмошкін М. Г., Косотуров А. Г., Лабунець В. О.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса, (Україна)

На підприємствах галузі у виробництві знаходиться велика номенклатура гребних гвинтів, що має серійний чи індивідуальний характер. Гребні гвинти класифікуються за технологічними ознаками, що впливають на вибір методу обробки зовнішньої поверхні. За призначенням вони поділяються на чотири класи: особливий – для швидкохідних суден зі швидкістю понад 25 вузлів; вищий – для морських суден зі швидкістю від 15 до 25 вузлів; середній – для суден зі швидкістю менше 15 вузлів; звичайний – для плавзасобів, у яких швидкість не є визначальним параметром.

У нашій країні створено спеціальні верстати моделей КУ-321 та КУ-322, які забезпечують високу точність і продуктивність обробки та позбавлені зазначених вище недоліків. Верстати оснащені двома супортами, один з яких є прецизійним і призначений тільки для остаточного розточування конусного отвору. Цей супорт оснащений цифровою індексацією, яка дозволяє стежити за встановленням різця з точністю 0.005 мм. Верстат має фіксовані положення для встановлення супортів на обробку отворів з конусністю 1:10; 1:12; 1:15; 1:20. Виконані на цих верстатах роботи показали можливість одержання конусних отворів, що не вимагають подальшого шабрування.

Великий інтерес представляє спеціальний верстат моделі РВ-32С, який застосовує японська фірма «Toshiba» для обробки отворів ступиць. За рахунок оснащення цілим рядом борштанг і спеціальних головок на цьому верстаті виконуються всі роботи з обробки ступиць, включаючи виготовлення паза шпонки до нарізування гвинтових канавок.

Шпонкові пази гвинтів великого діаметра обробляються на довбальних верстатах. Недоліком цього методу обробки є можливий перекіс осі паза шпонки по відношенню до осі гвинта і, у зв'язку з цим, необхідність виправлення положення осі шляхом шабровки.

Отримання точних шпонкових пазів забезпечує верстат шпоночно-фрезерної моделі ЛР-23. Недоліком є потреба в змінних пінолях для кожного розміру гребного гвинта, за допомогою яких здійснюється центрування верстата при його установці на гребний гвинт.

Найбільш прогресивним та продуктивним методом обробки шпоночних пазів з необхідною точністю є протягування їх на вертикально-протяжних верстатах «Фромаг» (ФРГ). Верстат (мал. 5) працює в напівавтоматичному режимі.

Розмітка гребних гвинтів. Розмітка та контроль геометрії гребних гвинтів відноситься до основних операцій технологічного процесу їхньої обробки. Розмітка заготовок гребних гвинтів проводиться для визначення їх придатності до подальшої обробки, нанесення базових точок для установок заготівлі та визначення припусків для механічної обробки.

Ці роботи діляться на три основні етапи:

- попередній, при якому проводиться перевірка заготівлі і визначається можливість отримання з неї гребного гвинта;
- проміжний, що забезпечує можливість обробки гребного гвинта на наступній операції;
- остаточний, гвинта вимогам ГОСТу 8054-72.

З переносних крокомірів найбільш досконалим є УРКГВ-7500, управління яким проводиться з навісного пульта, а результати вимірювання винесені на екрани, що світяться.

Зі стаціонарних крокомірів простим і надійним годинником експлуатації є крокомір УРКГВ-1500 для розмітки та контролю гребних гвинтів діаметром до 1,5 м. Крокомір

оснащений пристроєм для вимірювання товщин, який дозволяє проводити ці вимірювання за нормаллю до лопаті.

Крокомір УРКГВ-4000 призначений для розмітки гребних гвинтів діаметром до 4000 мм, результати вимірювань зчитуються з цифрового табло та фіксуються друкарським пристроєм. Експлуатація крокомірів УРКГВ-1500 та УРКГВ-4000 показала їх зручність, надійність та точність роботи.

Механічна обробка лопатей та зовнішньої поверхні ступиці.

Однією з найбільш трудомістких операцій у виробництві гребних гвинтів є обробка лопатей і зовнішньої поверхні ступиці. Цю роботу можна поділити на дві частини: зняття основного припуску та шліфування зовнішньої поверхні до отримання шорсткості відповідно до вимог ГОСТу 8054-72. Зняття основного припуску з засмоктуючої та нагнітальної поверхонь лопатей проводиться на копіювальних верстатах, зняття основного припуску з жолобних переходів і ступиць проводиться, як правило, вручну за допомогою зубила та пневмомолотків.

Перший такий верстат марки РВД-90А був створений фірмою «Toshiba» (Японія) для гребних гвинтів діаметром до 9 м. На ньому за парної кількості лопатей двома фрезерними головками обробляються одночасно дві лопаті. Управління верстатом здійснюється за програмою, записаною на перфострічці. На відміну від цього верстата фірма «Mitsubishi» створила верстат, на якому одночасно можуть оброблятися два борги антилопатевого гребного гвинта. Цей стан траверсу складається з двох балок, розташованих під кутом 144° один до одного. Японські верстати мають трикоординатну систему програмного управління, що не забезпечує однакових умов різання на різних ділянках обробки лопатей. Недоліком цих верстатів є також неможливість обробки на них контуру лопатей, жолобних переходів та зовнішньої поверхні ступиці.

Найбільш досконалим із існуючих верстатів із програмним управлінням є верстат фірми «Onsrud» (США) моделі КТ-144-16-10. На цьому верстаті можна виконувати такі операції: розмітку виливки з визначенням величини припуску; обробку центрального отвору, торців та шпонкового паза ступиці; свердління та нарізання різьби в торці ступиці; обробку нагнітальної та засмоктуючої поверхонь та контуру лопатей; обробку жолобних переходів та зовнішньої поверхні ступиці; контроль геометрії обробленого гвинта.

Висновок: подібні технологічні операції**,** представлених станків скорочують час роботи, зменшуючи трудомісткість.

ЛІТЕРАТУРИ

1. Кацман Ф. М. Теорія судна та рушії / Ф. М. Кацман, Д. В. Дорогостайський. – Л.: Суднобудування. 1979. 279 с.

2. Ваганов Г. І. Тяга судов / Г. І. Ваганов, В. Ф. Воронін, В. К. Шанчурова – М.: Транспорт. 1986. – 199 с.

3. Ломоть В. К. Теорія корабля / В. К. Ломоть, Р. В. Баранов, В. Д. Орлов, Є. Ю. Терехович. Л.: ЛВВМІУ. 1983. – 453 с.

УДК 656.61.052:681.51

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ОСТІЙНОСТІ СУДНА

Зінченко С. М.*, Матейчук В. М.*, Носов П. С.*, Маменко П. П.*, Кириченко К. В.*
**Херсонська державна морська академія*
(Україна)

Вступ. Одним із важливих питань безпеки судноплавства є зниження та втрата остійності суден на попутному хвилюванні. Дослідженнями встановлено, що найбільшу небезпеку для суден становить зустріч із хвилею, довжина якої співпадає з довжиною судна. Коли судно знаходиться на вершині хвилі (гребень хвилі співпадає з мідель-шпангоутом), складові відновлювального моменту носової і кормової частини корпусу діють у сторону нахилу, намагаючись збільшити його. Для реагування на небезпеку, відповідно до існуючих рекомендацій, наприклад, [1–4], спочатку потрібно її ідентифікувати, що вже є складною технічною задачею, так як крім небезпеки втрати остійності існують й інші небезпеки, що можуть привести до перевертання судна або руйнування корпусу. Автори статті вважають, що найбільш радикальним напрямком уникнення небезпек є застосування автоматизованих систем, або автоматичних модулів керування в автоматизованих системах. Приклади застосування таких систем і модулів, для вирішення ряду задач, наведені, наприклад, у роботах авторів [5–19].

Актуальність дослідження. Ефективна робота автоматизованих та автоматичних систем забезпечується математичними моделями об'єктів або процесів, які повинні мати достатню швидкодію для можливості їх використання у реальному часі. Для задач автоматичного уникнення втрати остійності, потрібна математична модель остійності судна. Тому, розробка такої моделі є актуальною науково – технічною задачею.

Постановка задачі. На рис. 1 зображена бокова проекція корпусу судна на регулярному хвилюванні.

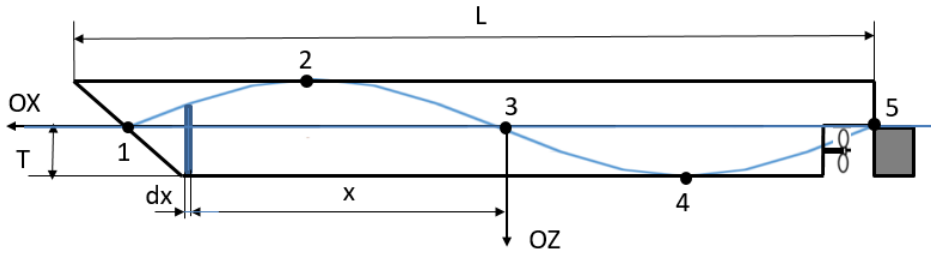


Рисунок 1 – Бокова проекція корпусу судна на регулярному хвилюванні

Показана зв'язана із судном система координат OXYZ (ЗСК). Задано геометричні розміри судна: довжина L, ширина B, висота H; параметри занурення: осадка T, кут крену θ; параметри регулярного хвилювання: довжина хвилі λ; параметри руху: швидкість судна V та кут набігання хвилі q на діаметральну площину.

Необхідно отримати аналітичні залежності відновлювального моменту M_x у каналі крену від вказаних параметрів для використання у бортовому обчислювачі, з метою оцінювання остійності у реальному часі в алгоритмах автоматичного керування

$$M_x = f(L, B, H, T, \theta, \lambda, V, q) \tag{1}$$

Результати дослідження. Математична модель наведеної на рис. 1 структури має вигляд Глибина занурення елемента корпусу судна dx, який знаходиться на відстані x від центру обертання, рис.1, можна записати у вигляді

$$z = T + A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \Delta(t)\right), \tag{2}$$

Фаза хвилі відносно ЗСК судна може бути представлена у вигляді

$$\Delta(t) = \frac{\partial \Delta}{\partial t} t = \frac{2\pi}{T_E} t = \frac{2\pi}{\lambda} (C + V \cos q) t, \tag{3}$$

На рис. 2 зображено поперечний переріз корпусу судна, що знаходиться на відстані x від початку координат.

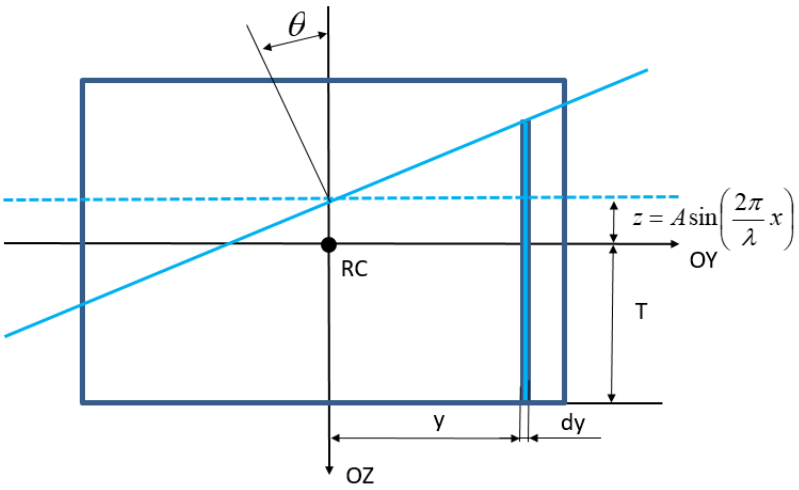


Рисунок 2 – Поперечний переріз корпусу судна, поверхня хвилі проходить через борти судна

Відновлювальний моменту m_x бокового перерізу судна шириною dx знаходимо інтегруванням зануреної частини корпусу по dy в межах ширини корпусу.

$$m_x = \rho g dx \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} z y dy = \rho g dx \left(\int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} \left(T + A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \Delta\right) + y tg\theta \right) y dy \right) =$$

$$. = \rho g dx \left(\frac{T}{2} y^2 + \frac{A}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \Delta\right) y^2 + \frac{tg\theta}{3} y^3 \right) \Big|_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} = \tag{4}$$

$$= \rho g dx \left(\frac{T}{2}\left(\frac{B^2}{4} - \frac{B^2}{4}\right) + \frac{A}{2}\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \Delta\right)\left(\frac{B^2}{4} - \frac{B^2}{4}\right) + \frac{tg\theta}{3}\left(\frac{B^3}{8} + \frac{B^3}{8}\right) \right) = \rho g dx \frac{tg\theta}{12} B^3$$

Повний відновлювальний момент корпусу судна визначаємо шляхом інтегрування виразу (5) по довжині судна

$$M_x = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} m_x dx = \rho g \frac{tg\theta}{12} B^3 x \Big|_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} = \rho g \frac{tg\theta}{12} B^3 \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{2}\right) = \rho g \frac{tg\theta}{12} B^3 L \tag{5}$$

Знайдені також аналітичні вирази розрахунку відновлювального моменту для інших ситуацій перетину корпусу судна хвилею.

Для перевірки працездатності розробленої моделі, проведено обчислювальний експеримент, результати якого наведено на рис. 3.

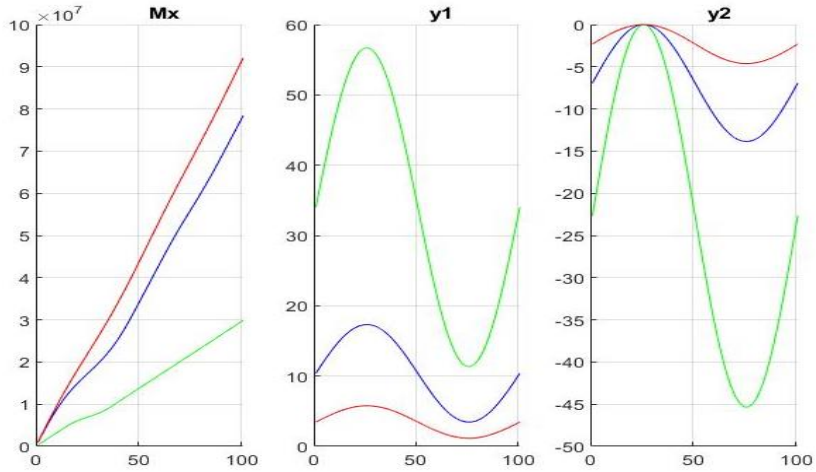


Рисунок 3 – Результати обчислювального експерименту

На графіках зображено зміну відновлювального моменту M_x під час інтегрування по довжині судна, залежність $y_1(x)$ положення точки перетину поверхні хвилі із палубою судна від координати x перерізу та залежність $y_2(x)$ положення точки перетину поверхні хвилі із днищем судна від координати x перерізу для кутів крену $\theta = 10 град$ (зелена крива), $\theta = 30 град$ (синя крива) та $\theta = 60 град$ (червона крива). Залежності відновлювального моменту M_x від кута крену θ для амплітуд хвилі $A = 0 м$ (синій графік), $A = 2 м$ (зелений графік) та $A = 4 м$ (червоний графік) наведені на рис. 4.

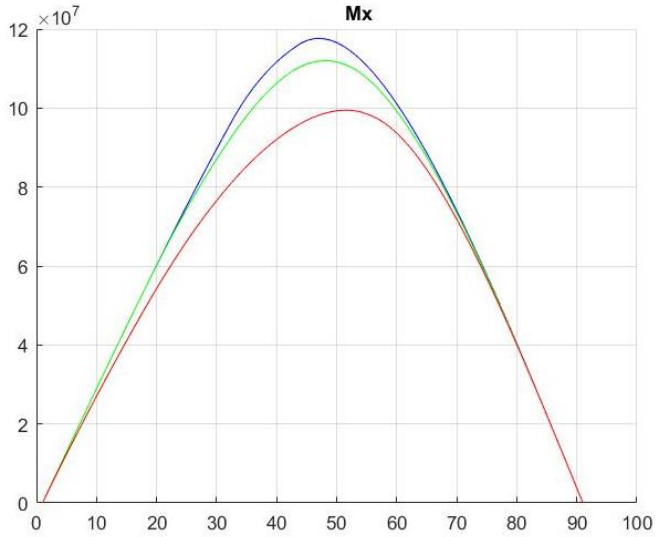


Рисунок 4 – Залежності відновлювального моменту M_x від кута крену θ для амплітуд хвилі $A = 0 м, A = 2 м, A = 4 м$

Висновки. Розроблено аналітичну модель обчислення відновлювального моменту у каналі крену судна для регулярного хвилювання, у залежності від геометричних розмірів корпусу судна, параметрів занурення, параметрів руху судна та параметрів хвилювання. Отримані результати відрізняються від відомих рішень тим, що мають аналітичний вигляд. Вони є відтворюваними і можуть використовуватися для дослідження остійності судна на хвилюванні, а також у бортовому обчислювачі автоматизованої або автоматичної системи. Працездатність моделі підтверджена обчислювальним експериментом.

Теоретичне значення отриманих результатів полягає у розробці аналітичної моделі обчислення відновлювального моменту у каналі крену судна на регулярному хвилюванні.

Практичне значення отриманих результатів полягає у: перевірці працездатності розробленої моделі під час проведення обчислювального експерименту; можливості її

використання у бортовому обчислювачі автоматизованої або автоматичної системи керування, для оцінювання характеристик остійності судна у реальному часі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Recommendation on intact stability for passenger and cargo ships under 100 meters in length, IMCO RESOLUTION A.167 (ES.IV) adopted on 28 November 1968.

2. Guidance to the master for avoiding dangerous situations in following and quartering seas, IMO MSC/Circ.707. Ref. T1/2.04/ (1995).

3. Recommendation on a severe wind and rolling criterion (weather criterion) for the intact stability of passenger and cargo ships of 24 meters in length and over, IMO RESOLUTION A.562(14) adopted on 20 November 1985.5.

4. Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions, IMO MSC.1/Circ.1228 (2007), 8 p.

5. Zinchenko S. M., Mamenko P. P., Grosheva O. O., Mateichuk V. M. Automatic control of the vessel's movement under external conditions // Науковий вісник ХДМА, №2(21), 2019. – с. 10–15. DOI: 10.33815/2313-4763.2019.2.21.010-015. http://journals.ksma.ks.ua/nvksma/article/view/480/416.

6. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г., Шалаева А. А. Расчет и реализация маневра расхождения с судами целями в бортовой ЦВМ // Матеріали IV МНПК «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві освіта, наука, практика», Херсон, 14–16 вересня 2017 р., с. 230–235.

7. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г. Использование нейросетевой модели судна для решения задач управления // Науковий вісник ХДМА №2 (17), с. 231–237, 2017. http://journals.ksma.ks.ua/nvksma/article/view/587/524.

8. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г., Шалаева А. А. Оценка маневренных возможностей судна с помощью нейросетевой модели, синтезируемой в процессе его штатной эксплуатации // Матеріали IV МНПК «Безпека життєдіяльності на транспорті а виробництві освіта, наука, практика», Херсон, 14-16 вересня 2017р., с. 236–240.

9. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г., Грошева О. А. Синтез оптимального управления судном с граничными условиями // Науковий вісник ХДМА №1(18), 2018 http://journals.ksma.ks.ua/nvksma/article/view/502/440.

10. Зінченко С. М., Матейчук В. М., Ляшенко В. Г. Використання інформаційних систем моделювання для розробки та тестування систем автоматичного керування рухом судна // Матеріали V МНПК «Безпека життєдіяльності на транспорті а виробництві: освіта, наука, практика», Херсон, 13–15 вересня 2018 р., с. 27–29.

11. Зинченко С. Н., Маменко П. П, Грошева О. А. Сокращение времени численного интегрирования математической модели судна в бортовом вычислителе // Науковий вісник ХДМА №1(18), 2018. http://journals.ksma.ks.ua/nvksma/article/ view/526/469.

12. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г., Грошева О. А. Оптимальное управление избыточными структурами азиподов // Матеріали V МНПК «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві: освіта, наука, практика», Херсон, 13–15 вересня 2018 р., с. 78–81.

13. Зинченко С. Н., Ляшенко В. Г. Расхождение с маневрирующими целями // Науковий вісник ХДМА №2 (17), с. 36–43, 2017. http://journals.ksma.ks.ua/nvksma/ article/view/555/499.

14. Зинченко С. Н., Носов П. С., Маменко П. П., Грошева О. А., Матейчук В. Н. Использование математической модели чувствительного элемента гирокомпаса для учета инерционной девиации // Матеріали VI МНПК «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві: освіта, наука, практика», Херсон, 11–14 вересня 2019, с. 203–206.

15. Zinchenko Serhii, Tovstokoryi Oleh, Nosov Pavlo, Popovych Ihor & Kyrychenko Kostiantyn. Pivot Point position determination and its use for manoeuvring a vessel, Ships and Offshore Structures, 2022, DOI: 10.1080/17445302.2022.2052480.

16. Zinchenko S., Tovstokoryi O. What is the pivot point and how to use it to control the vessel. Materials of the XII International Scientific and Practical Conference "Advanced Information and Innovative Technologies for Transport (MINTT – 2020), May 27–29, 2020, Kherson.

17. Zinchenko S., Tovstokoryi O., Nosov P, Popovych I., Kobets V., Abramov G. Mathematical support of the vessel information and risk control systems. CEUR Workshop Proceedings, 2805, P. 335–354, 2020. http://ceur-ws.org/Vol-2805/paper25.pdf.

18. Moiseenko V. S., Zinchenko S. M., captain Tovstokoryi O. M. Automatic beam control of laser–optical position reference system // Materials of the II International Scientific and Practical Maritime Conference of the Department of Power Plants and TE of Odessa National Maritime University MPP & O-2020, April 2020, ODESSA-ISTANBUL-ODESSA. https://drive.google.com/file/d/1HEX2RVuA1KV5JjMfQcqYZ1f4SCFMcy6a/view.

19. Zinchenko S. Study of a minimally excessive complanary control structure with two azimuth control devices. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference "Life Safety in Transport and Production: Education, Science, Practice", Kherson, September 9–12, 2020, p. 319–325.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СКЛАДІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Ковальчук М. В., Фісун М. Т., Бондаренко С. В.
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
(Україна)

У сучасному світі розвиток комп'ютерних технологій у логістичних системах вимагає вдосконалення процесів управління та оптимізації. Логістичні процеси, пов'язані з розподілом ресурсів, вантажів та інформації, стають все складнішими і вимагають ефективних рішень для підтримки функціонування комп'ютерних систем. У цьому контексті використання штучного інтелекту (ШІ) набуває великого значення, оскільки він пропонує нові можливості для автоматизації та оптимізації логістичних процесів.

Актуальність застосування ШІ в оптимізації розподілу ресурсів у логістичних комп'ютерних системах полягає у здатності підвищити ефективність управління ресурсами, зменшити витрати та час на виконання завдань, а також у здатності адаптуватися до змін у реальному часі. Такі методи штучного інтелекту, як генетичні алгоритми, дозволяють автоматизувати процеси прийняття управлінських рішень та забезпечують оптимальний розподіл ресурсів для досягнення стратегічних цілей комп'ютерних логістичних систем.

Метою даного дослідження є аналіз можливостей та шляхи використання штучного інтелекту для оптимізації розподілу ресурсів у комп'ютерних логістичних системах. Конкретні завдання включають аналіз різних підходів та методів щодо впровадження штучного інтелекту в логістиці та розробку моделей оптимізації процесів, а також експериментальне визначення ефективності цих рішень (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Напрями застосування штучного інтелекту в логістичних системах [1]

Напрям застосування	***Опис***
Оптимізація розподілу ресурсів	Використання штучного інтелекту для оптимізації розподілу ресурсів між різними системами або завданнями з мінімізації витрат та максимізації ефективності.
Прогнозування попиту на товари	Прогнозування майбутнього попиту на товари та ресурси на основі аналізу історичних даних та інших факторів для забезпечення вчасного та ефективного постачання.
Управління запасами та інвентаризація	Використання штучного інтелекту для оптимізації управління запасами та інвентаризацією для мінімізації витрат та забезпечення належного рівня запасів.
Автоматизоване прийняття управлінських рішень	Використання штучного інтелекту для автоматизованого прийняття управлінських рішень з використанням даних реального часу та аналітики з метою підвищення ефективності та швидкості управління.

Для оптимізації розподілу комп'ютерних ресурсів можна використовувати метод лінійного програмування (ЛП). Нехай x_i – це кількість ресурсу i, яка виділяється на кожну комп'ютерну систему. Також нехай C_i – це вартість одиниці ресурсу i, а D_j – потреби комп'ютерної системи j у ресурсі i.

Цільова функція може бути виражена наступним чином:

$$\text{minimize} \sum_i C_i x_i \quad (1)$$

Під обмеженнями:

$\sum_j D_{ji} x_i \geq$ мінімальне значення ресурсу i, $\forall i$

$x_i \geq 0, \forall_i$

Описаний алгоритм реалізований у вигляді програми, яка використовує бібліотеки для розв'язання задач лінійного програм (наприклад, бібліотека PuLP у Python) [2]. Нижче наведений приклад коду на Python для розв’язання цієї задачі за допомогою бібліотеки PuLP (рис. 1).

```
from pulp import *
# Створення проблеми лінійного програмування
prob = LpProblem("Optimization of Resource Allocation", LpMinimize)
# Визначення змінних рішення
x1 = LpVariable("Resource1", lowBound=0)
x2 = LpVariable("Resource2", lowBound=0)
# Визначення обмежень
prob += 10*x1 + 20*x2  # Цільова функція
prob += 3*x1 + 5*x2 >= 20  # Обмеження на ресурс 1
prob += 2*x1 + 4*x2 >= 15  # Обмеження на ресурс 2
# Вирішення проблеми
prob.solve()
# Виведення результатів
print("Status:", LpStatus[prob.status])
for v in prob.variables():
    print(v.name, "=", v.varValue)
print("Total Cost =", value(prob.objective))
```

Рисунок 1 – Код програми на Python для реалізації алгоритму задачи ЛП

Тепер внесемо модифікації для використання штучного інтелекту для розв’язання задачі оптимізації розподілу ресурсів. Використано метод ШІ, такий як генетичний алгоритм, для пошуку оптимального розподілу ресурсів. Нижче наведений модифікований приклад коду (рис. 2), де використовується генетичний алгоритм для вирішення задачі оптимізації розподілу ресурсі.

```
import numpy as np
from geneticalgorithm import geneticalgorithm as ga

# Функція для обчислення цільової функції (вартість)
def objective_function(x):
    return 10*x[0] + 20*x[1]

# Визначення обмежень
def constraint1(x):
    return 3*x[0] + 5*x[1] - 20

def constraint2(x):
    return 2*x[0] + 4*x[1] - 15

varbound = np.array([[0, 10], [0, 10]])

model = ga(function=objective_function, dimension=2, variable_type='real', variable_boundaries=varbound)

model.constraints(cnst_type='ineq', constraint1=constraint1, constraint2=constraint2)

model.run()

print("Optimal Solution:", model.output_dict['variable'])
print("Optimal Value:", model.output_dict['function'])
```

Рисунок 2 – Код програми на Python для реалізації алгоритму з використанням ШІ

Наприклад давайте використаємо однакові початкові параметри для обох прикладів. Наприклад, використаємо такі параметри:

- Розмір популяції: 100
- Кількість ресурсів: 50
- Кількість поколінь: 100
- Кількість батьків: 20
- Кількість нащадків: 80
- Швидкість мутації: 0.1

Нижче наведений модифікований приклад коду, де використовується генетичний алгоритм (рис. 3) та лінійне програмування (рис. 4) для вирішення задачі оптимізації розподілу ресурсі:

```python
import random

# Початкова популяція
def initialize_population(population_size, resource_count):
    population = []
    for _ in range(population_size):
        chromosome = [random.randint(0, 100) for _ in range(resource_count)]
        population.append(chromosome)
    return population

# Оцінка фітнесу
def evaluate_fitness(chromosome):
    return sum(chromosome)

# Селекція
def selection(population, num_parents):
    population.sort(key=lambda chromosome: evaluate_fitness(chromosome), reverse=True)
    parents = population[:num_parents]
    return parents

# Схрещування
def crossover(parents, num_offsprings):
    offsprings = []
    for _ in range(num_offsprings):
        parent1, parent2 = random.sample(parents, 2)
        crossover_point = random.randint(1, len(parent1) - 1)
        offspring = parent1[:crossover_point] + parent2[crossover_point:]
        offsprings.append(offspring)
    return offsprings

# Мутація
def mutation(offsprings, mutation_rate):
    for i in range(len(offsprings)):
        if random.random() < mutation_rate:
            mutation_point = random.randint(0, len(offsprings[i]) - 1)
            offsprings[i][mutation_point] = random.randint(0, 100)
    return offsprings

# Генетичний алгоритм
def genetic_algorithm(population_size, resource_count, num_generations, num_parents, num_offsprings, mutation_rate):
    population = initialize_population(population_size, resource_count)
    for generation in range(num_generations):
        parents = selection(population, num_parents)
        offsprings = crossover(parents, num_offsprings)
        offsprings = mutation(offsprings, mutation_rate)
        population = parents + offsprings
    best_solution = max(population, key=lambda chromosome: evaluate_fitness(chromosome))
    return best_solution

# Параметри алгоритму
population_size = 100
resource_count = 50
num_generations = 100
num_parents = 20
num_offsprings = 80
mutation_rate = 0.1

# Запуск генетичного алгоритму
best_solution = genetic_algorithm(population_size, resource_count, num_generations, num_parents, num_offsprings, mutation_rate)
print("Optimal resource allocation:", best_solution)
print("Fitness:", evaluate_fitness(best_solution))
```

Рисунок 3 – Модифікований код програми на Python для реалізації алгоритму з використанням ШІ

```python
from scipy.optimize import linprog

# Параметри задачі
# Функція цілі: мінімізація суми кількостей ресурсів
c = [1, 1, 1, 1, 1]  # Коефіцієнти цільової функції для кожного ресурсу

# Обмеження:
# Сума кількостей ресурсів повинна бути більша або дорівнювати 100
A_eq = [[1, 1, 1, 1, 1]]  # Матриця обмежень рівності
b_eq = [100]  # Значення обмеження рівності

# Межі для кожного ресурсу
bounds = [(0, None), (0, None), (0, None), (0, None), (0, None)]

# Розв'язання задачі оптимізації
res = linprog(c, A_eq=A_eq, b_eq=b_eq, bounds=bounds, method='highs')
print('Optimal resource allocation:', res.x)
```

Рисунок 3 – Модифікований код програми на Python для реалізації алгоритму з використанням ЛП

Нижче наведено результат обчислень, де використовується генетичний алгоритм (рис. 5) та лінійне програмування (рис. 6):

```
~/RottenIllustriousKilobyte$ python3 genetic.py
Optimal resource allocation: [86, 100, 98, 94, 100, 80, 95, 99, 90, 88, 93, 95, 86, 89, 98, 99, 96, 95, 99, 90, 96, 91
, 94, 88, 99, 97, 98, 100, 62, 100, 67, 82, 79, 97, 93, 100, 97, 98, 94, 94, 87, 93, 97, 88, 95, 100, 93, 99, 92, 92]
Fitness: 4632
```

Рисунок 5 – Результат обчислень алгоритму з використанням ШІ

```
~/RottenIllustriousKilobyte$ python3 linear.py
Optimal resource allocation: [100.   0.   0.   0.   0.]
```

Рисунок 6 – Результат обчислень алгоритму з використанням ЛП

Варто використовувати генетичний алгоритм у даному випадку через його здатність ефективно розв'язувати складні оптимізаційні завдання, такі як розподіл ресурсів у комп'ютерних системах. Генетичні алгоритми можуть автоматично адаптуватися до змінних умов та обмежень, проводити пошук оптимального рішення в просторі можливих варіантів та забезпечувати швидкість та точність у вирішенні завдань оптимізації. Такий підхід особливо корисний у великих системах з багатьма варіантами розподілу ресурсів, де традиційні методи можуть бути непрактичними або недостатньо ефективними.

Використовуючи подібний код з генетичним алгоритмом для оптимізації розподілу ресурсів у комп'ютерних системах, можна отримати наступні результати:

– Оптимальний розподіл ресурсів. Подібний код з генетичним алгоритмом визначить оптимальну кількість кожного типу ресурсу, яка потрібна кожній комп'ютерній системі для максимізації ефективності та мінімізації вартості.

– Вартість оптимального розподілу. За допомогою генетичного алгоритму буде обчислено вартість оптимального розподілу ресурсів, що є цільовою функцією. Це дозволить оцінити економічну ефективність запропонованого розподілу.

– Додаткові обмеження. Програмна частина може бути модифікована для врахування додаткових обмежень, таких як обмеження на мінімальні та максимальні значення ресурсів.

У результаті дослідження, використовуючи генетичний алгоритм для оптимізації розподілу ресурсів у комп'ютерних системах, отримано оптимальний розподіл ресурсів, який забезпечує максимальну ефективність системи при мінімальних витратах. Крім того, здійснено оцінку економічної вигоди від запропонованого розподілу ресурсів, що дозволяє оцінити його відповідність бізнес-цілям. Використання генетичного алгоритму сприяє покращенню рішень у логістичних процесах комп'ютерних систем шляхом автоматизації та оптимізації розподілу ресурсів з врахуванням різних обмежень та умов. Такий підхід виявляється важливим для підвищення продуктивності розподілу ресурсів та зниження витрат у сучасних логістичних системах комп'ютерних систем.

Застосування штучного інтелекту в оптимізації логістичних процесів комп'ютерних систем є перспективним напрямком дослідження. Отримані результати підтверджують великий потенціал штучного інтелекту для підвищення ефективності та автоматизації логістичних систем у сфері комп'ютерних технологій. Подальші дослідження у цьому напрямку можуть сприяти подальшому розвитку та вдосконаленню логістичних комп'ютерних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Медведєв Є., Попова Ю., Петренко О. Планування логістичних систем із використанням штучного інтелекту. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-61 (дата звернення: 26.02.2024).

2. H. Bell I., Alpert B., Bouck L. ChebTools: C++11 (and Python) tools for working with Chebyshev expansions. *The Journal of Open Source Software*. 2018. Т. 3, № 22. С. 569. URL: https://doi.org/10.21105/joss.00569 (дата звернення: 26.02.2024).

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЗНАХОДЖЕННЯ ACC ФАКТОРУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ЦИЛІНДРОВОГО МАСЛА

Левківська О. О., Врублевський Н. Р.
Відокремлений структурний підрозділ «Морський фаховий коледж Херсонської державної морської академії» (Україна)

Вступ. Найшвидший спосіб оцінити корозійну поведінку двигуна – це провести Sweep-Test, так званий «хитанням швидкості подачі». Він також використовується в період ознайомлення з ACC (adaptive cylinder oil control), щоб знайти підходящу швидкість подачі мастила для конкретного двигуна, режиму роботи і використовуваного мастила. Проблема визначення ACC фактору полягає в тому, що його потрібно визначити візуально по графіку. Тому авторами пропонується за допомогою інтелектуальної системи, яка по введеним даним Sweep-Test буде визначати оптимальний ACC фактор.

Основна частина. Під час Sweep-Test (рис. 1) судно працює на паливі з вмістом сірки більше 0,5%. Sweep-Test займає 6 днів і проводиться під час більш тривалого рейсу, коли навантаження на двигун залишається постійним і перевищує 25% протягом цього періоду. Швидкість подачі циліндрового масла встановлюється на фіксовані ступені, і проби зливного масла відбираються через 24 години, перш ніж переходити до наступного етапу.

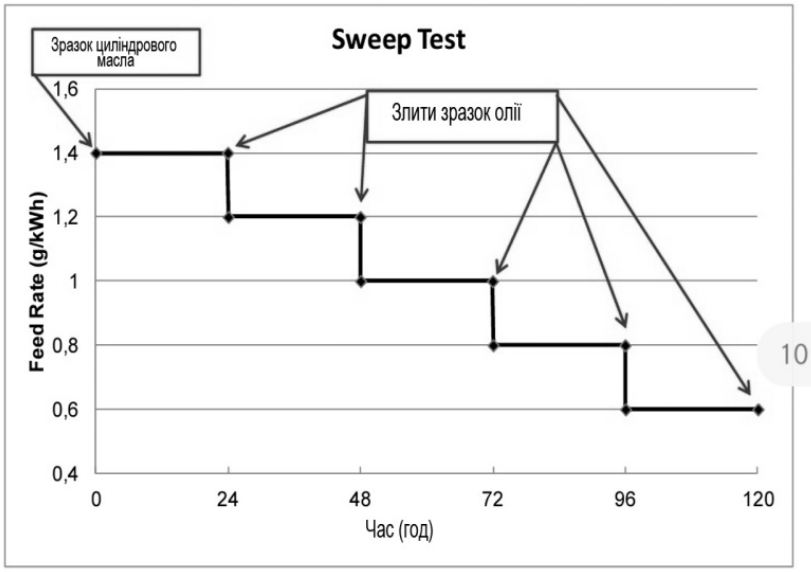


Рисунок 1 – Огляд процедури перевірки розгортки Sweep-Test

Перед початком випробування виконується огляд портів і беруться проби палива, використовуваного масла в системі і свіжого (невикористаного) циліндрового масла. Після завершення випробування всі зразки відправляються на берег у сертифіковану лабораторію. Аналізується вміст PQI (Particle Quantity Index) – кількості металевих частинок та значення BN (остаточне лужне число). Концентрація PQI аналізується з використанням ASTM D5185-09, а BN аналізується з використанням методу ISO 3771: 2011 року (E).

Концентрація PQI є мірою корозії і зносу. Рівень BN у зливному маслі є оцінкою працездатності масла і необхідності його нейтралізації в двигуні. Результати відбору проб масла показують кореляцію між фактором ACC і PQI і BN.

За результатами Sweep-Test зібрані данні про вміст в циліндровому маслі PQI та значення BN завантажуються в комп'ютер, система аналізує їх та визначає оптимальний ACC фактор. Графік находження системою оптимального ACC фактору відображено на рис. 2.

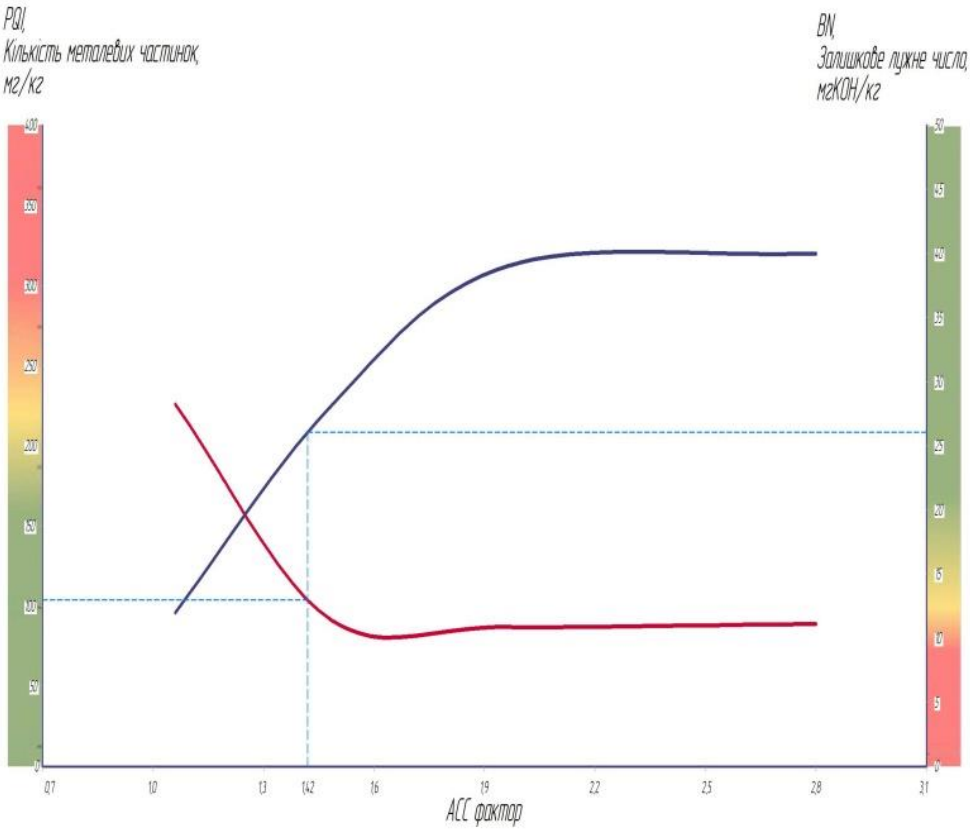


Рисунок 2 – Графік построєний розробленою інтелектуальної системи для знаходження оптимального ACC фактору

Аналіз системою графіку (рис. 2) дозволяє знайти оптимальний ACC фактор. За допомогою оптимального ACC фактору система визначає оптимальну подачу циліндрового масла. Наприклад: для конкретного двигуна MAN B&W 6G70ME-C оптимальний ACC фактор (згідно графіка рис. 2) визначено рівним 1,42 звідси за формулою 1 знаходимо оптимальну подачу:

Рекомендована витрата масла, яка розраховується системою за формулою, (г/(кВт · год)

$$FR = ACC \cdot S, \qquad (1)$$

де S (sulfur) – кількість сірки в паливі, %.

$$FR = ACC \cdot S = 1,42 \cdot 0,5 = 0,71 \text{ г/(кВт · год))}$$

Висновок. Результати досліджень авторів по оптимізації витрат циліндрового масла за допомогою розробленої інтелектуальної системи дозволили визначити оптимальний ACC фактор для конкретного двигуна і прийняти його рівним 0,27. Це дозволило безпечно експлуатувати циліндро-поршневу групу дизеля при його роботі на сірчистому паливі і визначити оптимальну подачу циліндрового масла. Дані фактори забезпечили економічно ефективний режим роботи дизеля при мінімальному корозійному зносі циліндрових втулок.

Дослідження показало, що оптимальна подача циліндрового масла для дизеля, що використовує паливо з високим вмістом сірки, досягається знаходженням оптимальної величини ACC фактора. Потужність змінюється залежно для кожного двигуна окремо і залежить від його технічного стану і особливостей системи циліндричного мастила. Значення ACC-фактора є постійним і витрата циліндрового масла Feed Rate при переході на різні палива залежить тільки від вмісту в ньому сірки. Результати досліджень по оптимізації витрат циліндрового масла дозволили визначити оптимальний ACC фактор

для конкретного двигуна MAN B&W 6G70ME-C і прийняти його рівним 0,27. Дані фактори забезпечили економічно ефективний режим роботи дизеля при мінімальному корозійному зносі циліндрових втулок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sagin S. V., Solodovnikov V. G. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines // Modern Applied Science; Published by Canadian Center of Science and Education. – 2015. Vol. 9. – № 5. – P. 269–278. DOI: 105539/mas.v9n5p269.

2. Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines // Indian Journal of Science and Technology, Vol. 9(20), DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490, May 2016.

3. http://marineinbox.com/marine-exams/cylinder-lubrication-update/.

4. http://marineinbox.com/marine-exams/sweep-test/.

5. http://sea-technics.ru/dozirovka-tsilindrovykh-masel.

6. http://vdvizhke.ru/sudovye-dizelnye-ustanovki/masljanaja-sistema-sudovyh-dizelej-/sovmestimost-cilindrovyh-masel-i-topliv.html.

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ В УМОВАХ ПОТОКУ ВІДМОВ

Мадонич А. О., Пеньковська Н. С., Обідін Д. М.
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
(Україна)

Вступ. В сучасних умовах постійно зростають вимоги до безпеки польотів. Відомо, що всі позаштатні ситуації на літальному апараті (ЛА) розподіляються на складні, аварійні та катастрофічні. Відповідно до вимог Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) ймовірність виникнення на ЛА складної ситуації на одну годину польоту не повинна перевищувати 10^{-4}, аварійної ситуації – 10^{-6}, а катастрофічної ситуації – 10^{-7}. Статистика авіаційних катастроф та подій як в Україні, так і в світі, для військової та цивільної авіації, дозволяє зробити висновок про те, що найбільш поширеною причиною аварійності (від 60 до 80 %) є, так званий, людський чинник. Це пояснюється, переважно, обмеженими можливостями людини щодо управління складною технікою в екстрених ситуаціях. Тому одним з важливих напрямків забезпечення безпеки польоту є впровадження заходів, які спрямовані на підвищення ефективності процесів навігації та управління рухом ЛА. А в першу чергу це – автоматизація управління польотом ЛА.

Актуальність досліджень. Аналіз наукових праць вітчизняних та закордонних фахівців дозволив виявити тенденції розвитку систем автоматичного управління, які передбачають їх побудову на принципах інтелектуалізації та адаптивності. Основною підсистемою будь-якої інтелектуальної системи є база знань, яка постійно поширюється за рахунок накопичення досвіду за час експлуатації. Але знання мають суб'єктивний характер, а тому потребують оцінки їх достовірності для подальшого раціонального використання в алгоритмах прийняття рішення. Проблематика верифікації розподіленої бази знань та використання інформації про достовірність 2 знань при формуванні управління, яке парирує наслідки нештатних ситуацій потребує детального вивчення. Дослідження існуючих науково-обґрунтованих підходів підвищення ефективності складних технічних систем, до яких повною мірою відноситься й інтелектуальна САУ ЛА дозволили зробити висновок про формування, за останні роки, нового пріоритетного підходу, пов'язаного із забезпеченням системі властивості функціональної стійкості. Розробці теорії функціональної стійкості авіаційних комплексів присвячені роботи Машкова О. А., Баранова Г. Л., Артюшина Л. М., Барабаша О. В., Кравченка Ю. В., Неділька С. М. та ін.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є метод забезпечення функціональної стійкості параметрів руху літального апарату в умовах потоку відмов. Для досягнення поставленої мети визначені наступні часткові задачі дослідження: проаналізувати існуючі практичні та науково-методологічні підходи щодо побудови інтелектуальних систем управління літальним апаратом; розробити теоретичні основи забезпечення функціональної стійкості інтелектуальних систем автоматичного управління літальним апаратом; розробити алгоритми виведення у базах знань за результатами інтелектуальної децентралізованої верифікації.

Результати досліджень. Дослідження, що проводяться, дозволять отримати наступні результати:

- забезпечити властивість функціональної стійкості процесів навігації і управління рухом в перспективних інтелектуальних системах автоматичного управління літальних апаратів;
- підвищити показники функціональної стійкості перспективних інтелектуальних САУ ЛА, що забезпечить надійність вирішення спеціальних задач навігаційно-пілотажним

комплексом ЛА та дозволяє говорити про підвищення ефективності управління рухом літального апарата за рахунок перерозподілу наявної інформаційної надмірності та інформаційних ресурсів САУ в процесі функціонування та використання методів нечіткої логіки при пошуку рішень в екстремальних ситуаціях виникнення збоїв та некоректностей в розподілених базах знань;

Висновки. Використання поняття функціональна стійкість для забезпечення параметрів руху ЛА на даний час не отримало достатньо широкого використання і є досить актуальним. Інтелектуальні системи управління ЛА можуть бути використані як на пілотованих ЛА так і на БПЛА цивільного і військового призначення. Зокрема на пілотованих ЛА такі системи можуть бути корисними при відмовах пілотажно-навігаційних систем і інших факторах, що потенційно можуть призвести до помилок пов'язаних з людиною. У контексті безпілотних літальних апаратів такі системи грають одну з головних ролей у забезпеченні ефективності і надійності їх використання. В обох випадках використання подібних систем здатні значно підвищити безпеку польотів і економічну ефективність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Степанковський Ю. В. Дослідження динаміки літака Лабораторний практикум Електронне видання. – К,: НТУУ «КПІ», 2011.

2. Розрахунок параметра потоку відмов відновлюваного об'єкта з урахуванням тривалості ремонтів Орест Лозинський, Сергій Щербовських.

3. Калашник М. А., Обідін Д. М. Функціональна стійкість пілотажно-навігаційного комплексу літального апарата на окремих режимах польоту.

4. Машков О. А. Применение теории функционально устойчивых систем для решения задач навигации и управления объектами вида «макросистема» /О. А. Машков, О. А. Кононов// Системи управління, навігації та зв'язку". – К.: ЦНДІ УіН, 2007. – Вип 3, – С. 15–19.

5. Обідін Д. М. Аналіз теперішніх та перспективних науково-методичних підходів щодо побудови авіаційних комплексів та систем / Д.М.Обідін // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХУПС, 2014.

6. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.

7. Обідін Д. М. Математична формалізація функціональної стійкості процесів управління літальними апаратами.

8. Калашник Г. А. Забезпечення стійкого функціонування засобів навігації літальних апаратів під впливом зовнішніх дестабілізуючих факторів / Г. А. Калашник, Д. М. Обідін, М. А. Калашник // Системи обробки інформації. – 2016 22.

9. Кравченко Ю. В. Функціональна стійкість – властивість складних ТС / Ю. В. Кравченко, О. В. Барабаш // Труди академії, № 40. – К.: НАОУ, 2002.

10. Неділько С. М. Основи теорії функціональної стійкості автоматизованої системи управління повітряним рухом / С. М. Неділько. – Кіровоград: ДЛАУ, 2011.

ВСТАНОВЛЕННЯ СПЕКТРУ ХАРАКТЕРНИХ ЧИННИКІВ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Маменко П. П.*, Рева О. М.**, Зінченко С. М.*, Носов П. С.*, Кириченко К. В.*
**Херсонська державна морська академія*
*** Український інститут науково-технічної експертизи та інформації*
(Україна)

Вступ. Однією з важливих галузей, що стабільно забезпечують розвиток світової економіки, є морський та річковий транспорт. Відповідно до веб-сайту Міжнародної морської організації (IMO) та останніх статистичних даних ICS | Shipping and World Trade, 90% світової торгівлі забезпеується водними та морськими шляхами. Тому внесок морського та річкового транспорту оцінюється в мільярди євро/долларів на рік, що забезпечує зайнятість мільйонам людей [1]. І зрозуміло, що забезпечення гігантських об'ємів перевезень неможливе без нарощування та вдосконалення парку експлуатованих суден. Відповідну позитивну тенденцію наочно ілюструє табл. 1.

Таблиця 1 – Світовий флот: динаміка кількості та валого тоннажу експлуатованих суден (за даними Equasis та UNCTAD)

Характеристики світового флоту	***Рік***					***Приріст за 5 років, %***
	2018	***2019***	***2020***	***2021***	***2022***	
1	2	3	4	5	6	7
Загальна кількість суден за типом і розміром	116857	117892	119999	118928	126947	+ 8,63
Валовий тоннаж (в 1000 GT) за типом і розміром:	1361920	1410972	1455004	1479783	1557658	+ 14,37

Як бачимо з табл. 1, за світовою статистикою впродовж 5 років (2018–2022) кількість експлуатованих суден збільшилася на 8,63%, а їх тоннаж – на 14,37%. Причому експлуатація зазначених суден має саму широку георграфію (табл. 2).

Виходячи зі змісту наведених табл. 1 і табл. 2, нескладно дійти висновку щодо позитивної активності морського та річкового транспорту, що року зростає та сегментується. Причому закономірно, що з очевидних причин існують морські зони, такі як Southeast Asia (12.6%), Mediterranean Sea (10.1%), West Europe (9.3%) та South Asia (9.1%), які забезпечують більш щільний трафік руху суден, ніж інші зони морських шляхів [2–4].

Зауважимо, що незважаючи на високі стандарти безпеки, які вже впроваджені на морському та річковому транспорті, аварії та інциденти ще трапляються кожного року. Причини, що сприяють виникненню морської аварії ретельно вивчаються та класифікуються за категоріями. Визначення морської аварії чітко визначено морським законодавством. Наприклад, згідно з австралійським законодавством морський інцидент вважається подією, що включає такі чинники [5]:

- смерть або травмування будь-якої особи на судні або пов'язаної з навігацією;
- загибель судна або зіткнення його з іншим судном або об'єктом;
- посадка на мілину, затоплення або перекидання судна;
- пожежа на борту або конструкції, що впливає на безпеку судна;
- ситуація впритул до зазначених.

Актуальність дослідження. На сьогодні спостерігається суттєвий розвиток проектування суден і технологічних систем, якими вони обладнуються. Разом з покращенням якості теоретичної та практичної підготовки екіпажів це призвело до певної стабілізації і навіть зменшенню хибної статистики морських аварій і катастроф [6, 7]. Однак, безпека в морській галузі все ще залишається неповністю вирішеною проблемою, обумовлену негативним впливом, у тому числі, людсь-кого чинника, щільністю руху деяких морських

шляхів та погодними умовами тощо [8–10].

Таблиця 2 – Статистика суден ідентифікованих у різних географічних зонах (розпізнані за IAIS згідно з повідомленнями AXS Marine, Vessel Tracker та Marine Traffic)

Географічний район перебування суден	***Рік***									
	2018		***2019***		***2020***		***2021***		***2022***	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Австралія та Новая Зеландія	7149	3.3	7095	3.3	7147	3.3	7313	3.3	7061	3.2
Східна Африка	7999	3.7	7675	3.6	8323	3.9	8520	3.9	7984	3.6
Східна Азія	32271	15.1	33343	15.7	34383	16.0	34898	16.0	34783	15.8
Середземне море	20188	9.4	20983	9.9	20537	9.5	21201	9.7	22257	10.1
Середня Америка і Мексиканська затока	13298	6.2	13377	6.3	13299	6.2	13506	6.2	13756	6.2
Нова Гвінея Тихого океану	4871	2.3	3519	1.7	3016	1.4	2864	1.3	2869	1.3
Східне узбережжя Північної Америки	8448	4.0	7321	3.4	7027	3.3	7355	3.4	7646	3.5
Західне узбережжя Північної Америки	7727	3.6	7435	3.5	7786	3.6	8138	3.7	7838	3.6
Північна Азія	983	0.5	556	0.3	1087	0.5	1057	0.5	1008	0.5
Північна Європа	11420	5.3	11552	5.4	11577	5.4	11565	5.3	11750	5.3
Східне узбережжя Південної Америки	9308	4.4	9162	4.3	9166	4.3	9195	4.2	9335	4.2
Західне узбережжя Південної Америки	3861	1.8	3719	1.7	3556	1.7	3761	1.7	3786	1.7
Південна Азія	18757	8.8	18629	8.7	19105	8.9	19465	8.9	19990	9.1
Південно-Східна Азія	26239	12.3	27828	12.6	27697	12.9	28055	12.8	27844	12.6
Південна Африка	9130	4.3	9379	4.4	10040	4.7	9621	4.4	9233	4.2
Західна Африка	12364	5.8	12637	5.9	12326	5.7	12354	5.7	12810	5.8
Західна Європа	19743	9.2	19720	9.3	19341	9.0	19655	9.0	20452	9.3
Всього:	213756	100	212930	100	215413	100	218521	100	220402	100

Щоб ефективно керувати ризиками, наслідками яких є морські аварій і катастрофи, необхідно спочатку зрозуміти основні причини їх виникнення, а потім оцінити та змоделю-вати ці ризики. Саме з такою метою IMO розробила інструмент, званий Formal Safety Assessment (FSA), як структуровану та систематичну методологію, спрямовану на підви-щення безпеки судноплавства, включаючи захист життя, здоров'я, морського середовища та власності, шляхом використання аналізу ризиків та оцінки рентабельності [11].

Ризик рекомендується описувати як комбінацію невизначеності та збитку, тобто ймовірності певного роду втрат. Зазвичай ризик розглядається як набір трьох елементів: 1) – сценарію (S), що передбачає можливе виникнення небажаної події; 2) – ймовірність (шанси) виникнення події (L); 3) – результат (наслідок) гіпотетичного сценарію (C):

$$R = R\left(S, L, C\right). \tag{1}$$

Мета дослідження полягає у формування спектру характерних чинників / змінних, що провокують виникнення аварійної ситуації, а отже ілюструють зв'язок між вхідними даними та сценарієм аварії, що може відбутися, дозволить оцініти ймовірність (шанси) її виникнення та відповідні ризики, а також встановити, яке саме судно чи операційна стратегія несуть менший ризик. При цьому вхідні дані визначатимуть чинники, пов'язані з суднами, що потрапили в аварії. Такими змінними можуть бути експлуатаційні умови та характерис-тики судна: прапор реєстрації, вік судна, місцезнаходження, час, тип судна,

погодні умови, інтенсивність судноплавства та людський чинник тощо [12–14 та ін.].

Розвиваючи мету дослідження, маємо також надати відповіді на такі питання:

1. Що таке структура оцінки ризиків і як вона будується? – буде використано для побудови моделі. Його результати вкажуть на фундаментальні змінні, які слід включити в дослідження.

2. Які найважливіші першопричини морської аварії? – допоможе описати початкові події сценарію аварії, тобто основні причини морської аварії. Емпіричні дані зі звітів IMO будуть проаналізовані та допоможуть класифікувати сценарії.

3. Які операційні стратегії несуть менший ризик для судна? – пов'язане з наслідками морської аварії, допоможе визначити, до якого підходу слід пристосувати судновласника, щоб нести менший ризик.

Відповідно до рекомендацій FSA ризик визначається як результат консолідації між ймовірністю (P) і наслідками (C) конкретної події [21, 22].

$$R = P\text{r}\ C \tag{2}$$

Ризик – це можливість настання небажаних подій, що відбуваються за різними сцена-ріями [15]. Ризик нещасних випадків можна також визначити як комбінацію ймовірності та тяжкості ймовірних травм людини або пошкодження інфраструктури чи навколишнього середовища. Для кількісної оцінки вищезазначеного підходу FSA запропонувало індекс ризику (IP), який дорівнює добутку P і C:

$$Risk\ index = log\left(probality\right) + log\left(consequece\right) \tag{3}$$

Вади підходу (3) в тому, що можуть виникнути дві схожих ситуацій A та B з однако-вим IP, але тяжкість цих ситуацій може відрізнятися. Зокрема, якщо морський рух розглядати як систему, тоді ризик можна визначити як комбінацію трьох чинників S, L, C, що розгля-далися вище у формулі (1). Товариство аналізу ризиків запропонувало модифіковане визна-чення ризику, де використовуватиметься триплет (C, Q, K), де C використовується для опису наслідків, Q є виміряною невизначеністю, вираженою у формі граничної можливості, а K поз-начає базові знання, на яких базуються C і Q. Що призвело до такої інтерпретації виразу (1):

$$R \sim \left\{S, L, C \backslash BK\right\}, \tag{4}$$

S – описує групу змінних, які пояснюють певний сценарій. Ці змінні можна модифікувати та змінювати їхній зв'язок один з одним на основі базових знань (BK) про аналіз; L – означає набір імовірностей, який пов'язаний з відповідними наслідками для конкретного сценарію та конкретного набору вхідних даних і припущень.

Запропоновано, основою базових знань (BK) вважати комбінацією розуміння (N) і знань (K), які можна використовувати для опису невизначеності системи. Знання (K) зосереджені на встановленні пропозиції, заснованої на фактах відчутних подій та надійних джерелах інформації. Розуміння (N) дозволяє різних фактів і вигадок. Таким чином аналітик може створювати нові сценарії та досліджувати нові ситуації та рішення [15–18].

Апостеріорні знання щодо аварій та катастроф мають бути використання в процедурі аналізу ризику з використанням байєсівських мереж переконань (BBN). Як ми пояснювали вище, загальний ризик попадання судна в аварії – це комбінація ймовірності сценарію аварії та відповідних наслідків. У цьому дослідженні за схемою, представленою на рис 1, було розглянуто сценарії аварій та катастроф, що були висвітлені у звітах IMO [19–22].

У результаті проведеного аналізу був сформований перелік характерних чинників та змінних, що впливають, на виникнення морських аварій і катастроф.

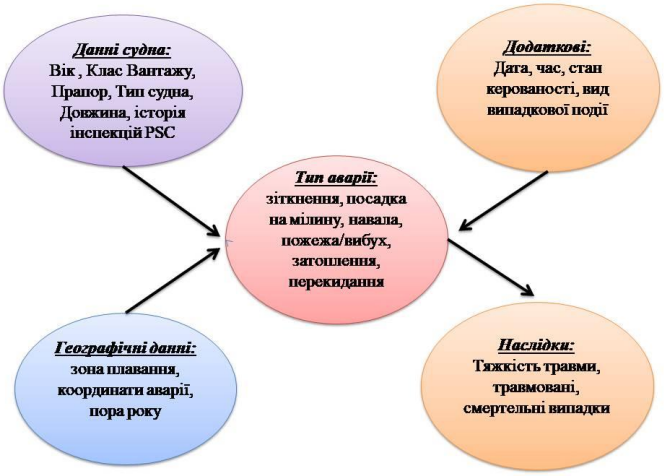


Рисунок 1 – Пропонована схема дослідження звітів ММО

Таблиця 3 – Характерні чинники / змінні, що можуть впливати на виникнення аварії, та їх наслідки

$Ч_i$	*Зміст чинника небезпеки*	$Ч_i$	*Зміст чинника небезпеки*	$Ч_i$	*Зміст чинника небезпеки*
1	2	3	4	5	6
$Ч_1$	Тип судна	$Ч_8$	Кількість екіпажу	$Ч_{15}$	Валова місткість судна
$Ч_2$	Категорія прапора	$Ч_9$	Зручний прапор	$Ч_{16}$	Зміна прапору
$Ч_3$	Зміна назви	$Ч_{10}$	Вік судна	$Ч_{17}$	Пора року
$Ч_4$	Час	$Ч_{11}$	Місце аварії	$Ч_{18}$	Умови експлуатації судна до аварії
$Ч_5$	Продуктивність інспекцій MoU	$Ч_{12}$	Початкова подія	$Ч_{19}$	Тип аварії
1	2	3	4	5	6
$Ч_6$	Тяжкість постраждалих	$Ч_{13}$	Умови експлуатації судна после аварії	$Ч_{20}$	Травмовані
$Ч_7$	Смертельні випадки	$Ч_{14}$	Широта	$Ч_{21}$	Довгота

Висновок. Визначено, що ризик виникнення аварії / катастрофи є продуктом взаємодії трьох факторів S, L, C, ймовірності кожного типу аварії та пов'язаних з ними наслідків. Виходячи з огляду наукових та нормативних джерел, сформульовано представницький перелік з 21 характерного чинника, що можуть спровокувати виникнення аварії, і які мають бути враховані в системі керування безпекою судноплавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. ICS | Shipping and World Trade. (n.d.). Retrieved May 2, 2019, from http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade.

2. Equasis Statistics – The World Fleet. https://www.equasis.org/EquasisWeb/public/PublicStatistic.

3. UNCTAD 2018 (p. 49). from https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf.

4. UNCTAD Handbook of Statistics 2022 – Fact sheet #14 Merchant fleet. https://unctad.org/system/files/official-document/tdstat47_FS14_en.pdf.

5. AIMS. (2015). What is a Marine Surveyor. Retrieved June 2, 2019, https://www.amsa.gov.au/vessels-operators/incident-reporting/what-marine-incident.

6. EMSA. (2023). Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2023. European Maritime Safety Agency, 1–135. Retrieved from http://emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/3156-annual-overview-of-marine- casualties-and-incidents-2023.html.

7. AGCS-Safety-Shipping-Review-2023. https://commercial.allianz.com/content/dam/onemarketing/commercial/commercial/reports/AGCS-Safety-Shipping-Review-2023.pdf.

8. Yang, B., Zhao, Z., & Ma, J. (2018). Marine accidents analysis based on data mining using K-medoids clustering and improved A priori algorithm. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 189(4). https://doi.org/10.1088/1755-1315/189/4/042006.

9. Ponomaryova, V., Nosov, P., Ben, A., Popovych, I., Prokopchuk, Y., Mamenko, P., Dudchenko, S., Appazov, E., Sokol, I. (2024). Devising an approach for the automated restoration of shipmaster's navigational qualification parameters under risk conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (3 (127)), 6–26. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296955.

10. Маменко П. П., Рева О. М., Кириченко К. В. Напрями застосування моделей системного виявлення впливу людського чинника на безпеку мореплавства. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту» – Ізмаїл. ДІ НУ «ОМА», 8–9 грудня 2023 р.: – С. 293–298.

11. The Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process were approved in 2002 (MSC/Circ.1023/MEPC/Circ.392).

12. IMO. (2008). MSC-MEPC.3/Circ.3. Casualty-related matters reports on marine casualties and incidents.

13. Mazaheri, A., Montewka, J., & Kujala, P. (2014a). Modeling the risk of ship grounding - a literature review from a risk management perspective. WMU Journal of Maritime Affairs, 13(2), 269-297. https://doi.org/10.1007/s13437-013-0056-3.

14. Маменко П. П., Рева О. М., Кириченко К. В. Напрями застосування моделей системного виявлення впливу людського чинника на безпеку мореплавства. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту» – Ізмаїл. ДІ НУ «ОМА», 8–9 грудня 2023 р.: – С. 293–298.

15. ISO 31000:2018 – Risk management -- Guidelines. (n.d.). Retrieved July 17, 2019, from https://www.iso.org/standard/65694.html.

16. Haimes, Y. Y. (2009). On the complex definition of risk: A systems-based approach. Risk Analysis, 29(12),1647-1654. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01310.x.

17. Aven, T. (2010). On how to define, understand and describe risk. Reliability Engineering and System Safety, 95(6), 623–631.

18. Kaplan, S; Garrick, J. (1981). On The Quantitative Definition of Risk Stanley Kaplan and B. John Garrick. 2 Received July. The Annals of Occupational Hygiene, 24(I), 245–248.

19. Montewka, J., Ehlers, S., Goerlandt, F., Hinz, T., Tabri, K., & Kujala, P. (2014). A framework for risk assessment for maritime transportation systems – A case study for open sea collisions involving RoPax vessels. Reliability Engineering and System Safety, 124, 142–157. https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.11.014.

20. Aven, T. (2011). On Some Recent Definitions and Analysis Frameworks for Risk, Vulnerability, and Resilience. Risk Analysis, 31(4), 515–522. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01528.x.

21. Gurning, S. & Cahoon, S. Analysis of multi-mitigation scenarios on maritime disruptions. Maritime Policy & Management. The flagship journal of international shipping and port research. Volume 38, 2011 – Issue 3. Pages 251–268. doi.org/10.1080/03088839.2011.572701.

22. DNV`s Research Review 2022. https://www.dnv.com/research/review-2022/index.html.

ОЦІНКА ТА КОРЕКЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ СУДНОВОДІЄМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Передерій В. І.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, д.т.н., професор кафедри комп'ютерних технологій і інформаційної безпеки (Україна)
Борчик Є. Ю.
Миколаївський національний аграрний університет, к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій (Україна)

Вступ. Аналіз статистики в результаті морських аварій показує, що матеріальні збитки оцінюється близько 540 млн. $ на рік. Дослідження проведені різними морськими організаціями показали, що найбільша кількість аварійних ситуацій спричиняється не технічними помилками, а помилками людини.

Тим не менше, деякі обставини аварій залишаються нез'ясованими, що залишає простір для нових наукових пошуків. Зокрема, поряд із такими причинами аварійності як погодні умови, технічний стан судна та обладнання, небезпечний вантаж, форс-мажорні ситуації потребують більш детальної розробки характеристики впливу людського фактору. Саме людському фактору останнім часом присвячується все більша кількість досліджень і наукових робіт, директив і резолюцій [1].

Статистика морського страхування засвідчила, що помилки людини спричинили близько 80% аварій морських суден, від яких залежило прийняття рішень з управління судном −капітана, вахтового помічника капітана, вахтового механіка, лоцмана, оператора системи управління рухом суден

Сьогодні зусилля міжнародних морських організацій (ІМО) стали потужним стимулом до дослідження «людського фактору» в мореплавстві, де визначає у психологічному аспекті «людський фактор», як здатність судноводія до приймання та обробки навігаційної інформації [2].

Більшість робіт, які стосуються таких питань, присвячені ролі «людського фактору» в судноплавстві та його впливу на безпеку операцій на морі. Так, в роботі [3] наводяться обставини і фактори, що створюють умови і передумови для виникнення помилок в рішеннях і діях судноводіїв, які можуть привести до небезпечної ситуації або аварії.

У роботах [4, 5] розглянуті питання створення інформаційних технологій оцінки стану особи що приймає рішення (ОПР), де основна увага приділяється формуванню альтернатив підтримки прийняття рішення (ППР). Розроблені алгоритми формалізації взаємозв'язку зовнішніх факторів і психофункціональних характеристик ОПР для оптимізації прийняття рішень. Але все це не дає можливість описати з максимальною точністю взаємозалежність факторів впливу, для яких немає відомих точних закономірностей, на процес релевантного прийняття рішень ОПР в нечітких умовах та ризику при управлінні морським судном.

На основі проведеного аналізу запропоновано інформаційно-логічну модель оцінки та корекції процесу прийняття рішення судноводієм, під час навігації судна в режимі реального часу (рис.1).

Згідно з інформаційно-логічною моделлю, в процесі виконання функціональних обов'язків по управлінню судном, в режимі реального часу контролюються наступні показники впливу на процес прийняття релевантних рішень.

Фактори, пов'язані з впливом зовнішнього середовища: ET – емоційна напруженість F – фізична та емоційна втома, SE – стрес через емоційну напруженість, EA – емоційне збудження. Фактори, пов'язані з поточним емоційно-когнітивним станом ОПР, PR – продуктивність, PI – сприйняття інформації, RT – час реакції, DT – час на прийняття рішень, C – зосередженість.

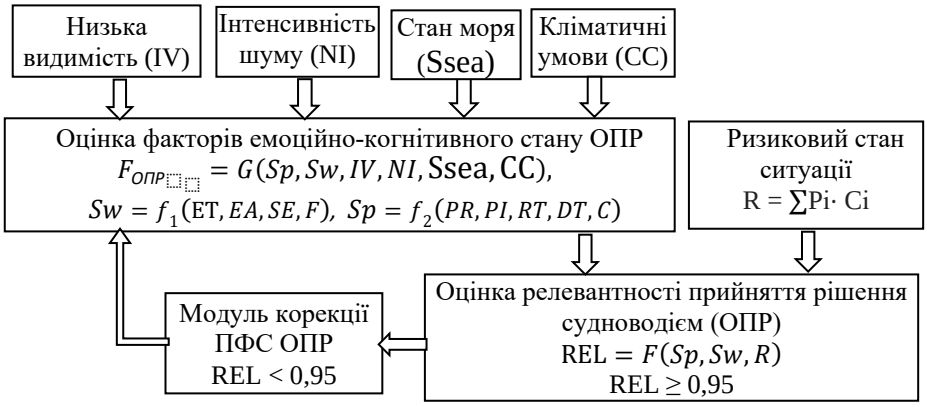


Рис. 1 – Інформаційно- логічна модель оцінки та корекції процесу прийняття рішення судноводієм в реальному часі

Для кількісної оцінки релевантності прийняття ОПР рішення пропонується використати Байєсовську мережу довіри (БМД) (рис. 2), яка на сьогодні є однією з найбільш доцільних моделей, призначених для роботи з неповною, неточною та суперечливою інформацією [6].

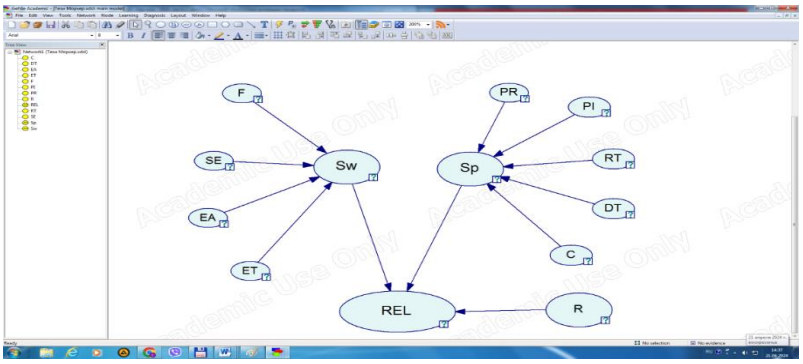


Рис. 2 – Байєсовська мережа довіри оцінки релевантності прийняття рішення ОПР

Вершини F, SE, EA, ET відповідають однойменним факторам впливу зовнішнього середовища. Кожна з цих вершин може набувати лише двох значень. Вершина набуває значення "occurs", якщо існує негативний вплив відповідного фактору зовнішнього середовища на стан ОПР. В іншому випадку вершина набуває значення "not occurs".

Вершини PR, PI, RT, DT, C відповідають факторам поточного емоційно-когнітивного стану ОПР і можуть приймати лише два значення. Вершина набуває значення "normal", якщо когнітивний стан ОПР у нормі. В іншому випадку вершина набуває значення "no normal". Для оцінки ймовірностей значень розглянутих вершин виконується відповідне тестування ОПР безпосередньо на робочому місці [5].

Вершини Sw і Sp характеризують стан ОПР, обумовлений впливом зовнішнього середовища та факторами поточного емоційно-когнітивного стану ОПР відповідно. Вони можуть приймати лише два значення: "normal", якщо відповідний стан ОПР у нормі, і "no normal" – в протилежному випадку.

Вершина R характеризує ризиковий стан ситуації і приймає лише два значення: "occurs", якщо стан ризиковий, і " not occurs" в протилежному випадку.

Вершина REL характеризує ступінь релевантності прийняття рішення ОПР і набуває лише два значення: "rel", якщо рішення, прийняте ОПР релевантне, і "norel" в протилежному випадку.

Оскільки вершини Sw, Sp і R мають деяку кількість батьківських зв'язків, то задля зниження трудомісткості заповнення таблиць умовних ймовірностей цих вершин для них призначається тип Noisy MAX. В цьому випадку умовні ймовірності обумовлені

роздільним впливом чинників на очікувану подію, а не спільним, що спрощує експертам оцінювання умовної ймовірності [5].

Проводиться наступний чисельний експеримент. На рис.3 представлено розрахунок ймовірності релевантності прийняття рішення ОПР. Ймовірності впливу зовнішніх та когнітивних факторів на ОПР, ймовірність ризикового стану ситуації вказані на іконках вершин F, SE, EA, ET, PR, PI, RT, DT, C, R відповідно.

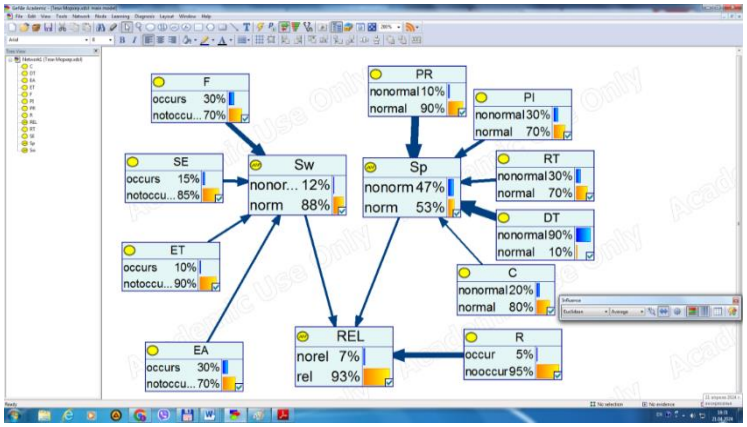


Рис. 3 – Розрахунок ймовірності P(REL=rel), якщо P(DT=normal)=0,1

Ймовірність прийняття релевантного рішення ОПР виявилась рівною P(REL=rel)=0,93. Ця величина менша ніж критична ймовірність Pcr =0,95. Тому рішення, прийняте ОПР не можна рахувати релевантним.

Аналізуючи рис. 3, можна зробити висновок, що найбільший вплив на вершину REL має вершина R. Вершини Sw і Sp впливають на REL з однаковою силою. Далі, на вершину Sw найбільш вплив має вершина F. Але сила її впливу в два рази менше ніж вплив вершин PR, DT на вершину REL.

Застосуємо тепер наведений вище аналіз для корекції процесу прийняття рішення судноводієм. Найбільший вплив на релевантність прийняття рішення ОПР має фактор R, але впливати на нього складно або й неможливо. Тоді залишаються два найвпливовіших фактори PR і DT. Порівняння ймовірностей P(PR=normal)=0,9 і

P(DT=normal)=0,1 призводить до рішення збільшити ймовірність P(DT=normal), тобто зменшити час прийняття рішень ОПР. Нехай вдалось збільшити P(DT=normal) до 0,9. Розрахунок ймовірності P(REL=rel) в цьому випадку наведений на рис.4.

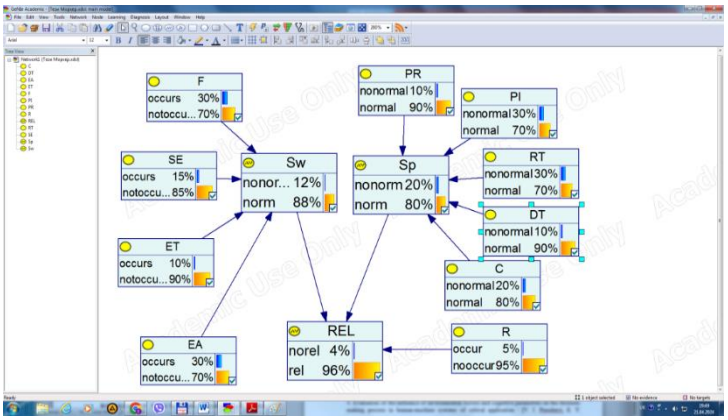


Рис. 4 – Розрахунок ймовірності P(REL=rel), якщо P(DT=normal)=0,9

Наразі ймовірність прийняття релевантного рішення ОПР виявилась рівною P(REL=rel)=0,96. Ця величина більша ніж критична ймовірність Pcr =0,95. Тому рішення, прийняте ОПР можна рахувати релевантним.

Висновки. Для оцінки релевантності прийняття рішення та його корекції судноводієм під час навігації судна в режимі реального часу побудовано інформаційно-логічну модель.

Оцінка релевантності проводилася з використанням мережі довіри Байєса для побудови структури та таблиць умовних ймовірностей якої використовувалися знання експертів.

Для тестування побудованої моделі в системі GeNIe 4 був проведений чисельний експеримент, результати якого підтвердили працездатність запропонованої інформаційної технології, яка може бути використана для контролю релевантності прийняття рішення та його корекції судноводієм під час навігації судна в режимі реального часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Allianz Global Corporate & Specialty. Press release June 4, 2019. URL: https:// www.agcs.allianz.com/news-and-insights/news/safety-shipping-review-2019.html(Last accessed 02.01.2020).

2. Gylka, U. (2020). Виявлення ролі людського фактора в аварійності морського транспорту. Розвиток методів управління та господарювання на транспорті, (1 (70), 31–43. https://doi.org/10.31375/2226-1915-2020-1-31-43.

3. Frasyniuk T., Primacheva N. Marine Shipping Industry Within the System of Global Economic Relations Sustainability. International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol.7, No 4.3 : Special Issue 3. Pp. 451–455.

4. Evaluation of the influence of environmental factors and cognitive parameters on the decision-making process in human-machine systems of critical application / [V. I. Perederyi, E. Y. Borchik, V. V. Zosimov, O. S. Bulgakova,] // Radio Electronics, Computer Science, Control. - 2024. - № 1 – P. 77-84. DOI 10.15588/1607-3274-2024-1-7.

5. Perederiy V., Borchik E. Information technology for determination, assessment and correction of functional sustainability of the human-operator for the relevant decision-making in human-machine critical application systems. Theoretical and practical aspects of the development of modern science: the experience of countries of Europe and prospects for Ukraine: monograph. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2019. – Pp. 490–509.

6. Murphy K. A brief introduction to graphical models and Bayesian networks / Technical report 2001-5-10, department of computer science, University of British Columbia, Canada, May 2001. – 19 p.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Сироїжка І. О.
Льотна академія Національного авіаційного Університету
(Україна)

В останні періоди використання штучного інтелекту (ШІ) стало дуже поширеним у різноманітних галузях, і авіаційна індустрія не є винятком. Зараз інтеграція ШІ в систему автоматичного управління літаком є однією з найпрогресивніших гілок розвитку. Людей завжди притягувала можливість автоматизувати різні процеси та спростити своє життя, одночасно прискорюючи та покращуючи робочий процес. Початковою фазою цієї тенденції в галузі авіації є система автоматичного керування літаком.

Штучний інтелект (ШІ) – це захоплююча область, яка здійснила значні прориви у XX столітті та продовжує розвиватися сьогодні. ШІ став невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, і ми часто використовуємо його, навіть не усвідомлюючи цього.[1]

Визначення штучного інтелекту є предметом дискусій. Коли термін "штучний інтелект" вперше з'явився на Дартмутському семінарі в середині XX століття, його розуміння відрізнялося від сучасного. Тоді вчені вважали, що ШІ – це система, здатна перекладати тексти, розпізнавати об'єкти на зображеннях, розуміти зміст вимовлених фраз і адекватно на них реагувати. Сучасні нейромережі успішно справляються із цими завданнями.

Багато вчених розробляють складні теорії, намагаючись визначити, що таке штучний інтелект і які характеристики повинна мати система, щоб вважати її розумною. У загальних рисах інтелект можна визначити як здатність до навчання, усвідомлення та застосування знань на практиці. Отже, ми можемо очікувати від ШІ тих самих здібностей.

Проте важливо розуміти, що ШІ – це не лише технологія, а й наука, яка постійно розвивається. З кожним новим відкриттям ми розширюємо наше розуміння того, що таке ШІ і які можливості він може запропонувати.

В цей час штучний інтелект (ШІ) проникає у всі сфери людської діяльності, відкриваючи нові можливості та покращуючи теперішні процеси. [2] Розгляньмо, як ШІ вже використовується в різних галузях:

- Інтернет.
- Транспорт та логістика.
- Фінанси.
- Медицина.
- Оборона та військова справа.
- Бізнес та торгівля.
- Спорт.
- Культура.
- Література.
- Ігрова промисловість.

Перейдемо до розгляду ШІ в галузі авіації. Для роботи безпілотних авіаційних систем (БПАС) використовують різноманітні алгоритми та технології для управління рухами та виконання завдань. [3] Давайте докладніше розглянемо кожен із цих алгоритмів:

1. Машинне навчання (ML): Машинне навчання дозволяє БПАС навчатися на даних та приймати рішення. Моделі ML можуть передбачати закономірності та адаптуватися до умов, що змінюються. Наприклад, алгоритми ML можуть допомогти в оптимізації маршрутів, керуванні енергоспоживанням і навіть автоматичному виявленні несправностей.

2. Обробка природної мови (NLP): NLP використовується для аналізу та взаємодії з текстовою інформацією. В авіації це допомагає в обробці команд від операторів.

3. Комп'ютерний зір: БПАС використовують алгоритми комп'ютерного зору для аналізу зображень та відео. Це допомагає у навігації, виявленні об'єктів та забезпеченні безпеки. Наприклад, системи виявлення зіткнень можуть використовувати комп'ютерний зір для уникнення перешкод.

4. Глибоке навчання: Глибоке навчання, засноване на нейронних мережах, дозволяє БПАС обробляти складні дані, такі як зображення та звук. Це може бути корисним для розпізнавання образів на землі, аналізу погодних умов і навіть діагностики технічних проблем.

5. Експертні системи: Ці системи використовують знання експертів для ухвалення рішень. В авіації вони допомагають у діагностиці. Наприклад, системи експертних рішень можуть надавати рекомендації щодо обслуговування авіаційної техніки.

6. Алгоритми автопілота: БПАС використовують спеціалізовані алгоритми для автоматичного керування польотом. Це включає алгоритми стабілізації, навігації та слідування заданому маршруту. Автопілоти забезпечують точне проходження маршруту та автоматичну корекцію польоту.

7. Алгоритми оптимального шляху: Для планування маршрутів та уникнення перешкод БПАС використовують алгоритми пошуку оптимального шляху. Це допомагає знизити енергоспоживання та підвищити ефективність польоту.

8. Алгоритми управління безліччю БПАС: При координації дій кількох безпілотників використовуються алгоритми розподілу завдань та обміну інформацією. Це важливо, наприклад, при виконанні колективних завдань, таких як пошук та порятунок.

Розгляньмо успішне застосування штучного інтелекту в безпілотних дронах: [2]

1. Військове застосування ШІ в безпілотниках:

- Україною було успішно застосовано безпілотники з бойовим ШІ для виконання операцій на території Росії [4]. Ці дрони використовують машинний зір для точного наведення на ціль та уникнення перешкод. Використання ШІ дозволяє їм працювати автономно, без підтримки зв'язку з супутниками.

2. Індустріальні та комерційні застосування ШІ в безпілотниках:

- *Геодезія та моніторинг:* Безпілотники з ШІ активно використовуються для інспекції різних об'єктів, моніторингу сільськогосподарських угідь, лісів та інших областей. Вони значно економлять час та ресурси, замінюючи традиційні послуги з інспекції та геодезії.
- *Будівництво:* Дрони з ШІ допомагають в інспекції будмайданчиків.

3. Екологічні та рятувальні місії з використанням ШІ у безпілотниках:

- *Пожежі:* Безпілотники з ШІ можуть виявляти та моніторити лісові пожежі, допомагаючи рятувальникам у боротьбі з вогнем. Вони здатні швидко оцінювати ситуацію та передавати дані рятувальникам, що дозволяє більш ефективно боротися із пожежами.
- *Пошук зниклих людей:* Дрони з ШІ використовуються для пошуку зниклих людей у важкодоступних місцях. Завдяки використанню ШІ вони здатні швидко аналізувати великі території та визначати потенційні місця знаходження зниклих людей.

Штучний інтелект (ШІ) відіграє ключову роль у розвитку безпілотних літальних апаратів (БПЛА), відкриваючи нові можливості та покращуючи їхню функціональність. Однак, як і будь-яка технологія, ШІ має свої переваги та обмеження. [5]

Переваги використання ШІ в БПЛА:

1. Автономність: ШІ забезпечує БПЛА здатністю до автономної роботи, дозволяючи їм приймати рішення на основі аналізу даних. Це особливо важливо для виконання довгострокових місій та складних завдань, де людське втручання може бути обмежене.

2. Аналіз обстановки: ШІ здатний швидко аналізувати дані з датчиків БПЛА, визначати цілі, розпізнавати об'єкти та виявляти зміни у навколишньому середовищі. Це дозволяє БПЛА швидко реагувати на зміни та приймати відповідні рішення.

3. Планування місій: ШІ допомагає в оптимізації маршрутів, плануванні завдань та виборі найкращих стратегій виконання місій. Це дозволяє збільшити ефективність БПЛА та знизити ризики.

4. Надійність: ШІ може забезпечити надійне функціонування БПЛА навіть у складних умовах, таких як втрата зв'язку чи перешкоди. Це забезпечує стабільність роботи БПЛА та підвищує їх ефективність.

5. Зниження залежності від людини: Використання ШІ дозволяє знизити людський фактор та збільшити ефективність БПЛА.

Обмеження використання ШІ в БПЛА:

1. Вузька спрямованість: Деякі системи ШІ спеціалізовані на конкретних завданнях і не можуть опрацьовувати широкий спектр даних.

2. Залежність від даних: ШІ вимагає великого обсягу даних для навчання та адаптації. Недолік даних може обмежити його ефективність та призвести до неправильних рішень.

3. Відсутність здорового глузду та емоційного інтелекту: ШІ не має інтуїції та не може адекватно реагувати на несподівані ситуації.

4. Ресурсомісткість: Деякі алгоритми ШІ вимагають великих обчислювальних ресурсів, що може бути обмежено на борту БПЛА.

5. Людський контроль: Важливо підтримувати баланс між автономністю та контролем оператора, щоб уникнути небажаних наслідків.

В цілому, ШІ обіцяє покращити функціональність та ефективність БПЛА, але його застосування має бути уважно обдумане з урахуванням обмежень та безпеки.

Розглянемо, які напрями розвитку ШІ можуть підвищити ефективність та безпеку БПЛА: [6]

1. Автономність та адаптивність: Використання ШІ дозволяє створювати більш інтелектуальні системи, здатні аналізувати ситуацію в реальному часі та приймати відповідні рішення. БПЛА можуть гнучко вирішувати завдання, враховуючи накопичений досвід та аналіз даних. Це дозволить БПЛА швидко адаптуватися до умов, що змінюються, і ефективно виконувати свої завдання.

2. Аналіз та оцінка обстановки: ШІ здатний розпізнавати цілі, аналізувати дані з датчиків та видавати команди на застосування озброєння. Це покращує бойову ефективність БПЛА, дозволяючи їм швидко реагувати на загрози та ефективно виконувати свої бойові завдання.

3. Зниження залежності від людини: Використання ШІ дозволяє створювати автономні системи, здатні приймати рішення без людського втручання. Це особливо важливо в умовах складних місій, де людське втручання може бути обмежене або неможливе.

4. Безпека та надійність: ШІ може обробляти великі обсяги даних, що допомагає підвищити безпеку польотів та забезпечити надійне функціонування БПЛА. Це дозволить БПЛА швидко реагувати на зміни у навколишньому середовищі та вживати відповідних заходів для забезпечення безпеки польоту.

У світлі швидкого розвитку технологій та підвищення інтересу до безпілотних літальних апаратів застосування ШІ стає важливим фактором, здатним покращити функціональність, надійність та безпеку БПЛА. Однак, попри всі переваги, важливо пам'ятати про можливі ризики та складнощі, пов'язані з використанням ШІ, та прагнути до балансу між автономністю та людським контролем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Що таке штучний інтелект: харакеристики, типи, сфери використання. *FutureNow*. URL: https://futurenow.com.ua/shho-take-shtuchnyj-intelekt/ (дата звернення: 13.04.2024).

2. 17 Прикладів Застосування Штучного Інтелекту у Повсякденному Житті. *FutureNow*. URL: https://futurenow.com.ua/5-prykladiv-shtuchnogo-intelektu-u-shhodennomu-zhytti/ (дата звернення: 13.04.2024).

3. Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту : монографія / П. Волянський та ін. Київ : ГО «Європ. наук. платформа», 2022. 313 с.

4. Як українські безпілотники на базі ШІ створили революцію світового масштабу?. *Visit Ukraine – RULES OF SAFE VISIT TO UKRAINE*. URL: https://visitukraine.today/uk/blog/2301/how-did-ukrainian-ai-powered-drones-create-a-global-revolution (дата звернення: 13.04.2024).

5. Митник М. Усе, що ви хотіли знати про ШІ: вісім переваг і шість недоліків. *iTechua*. URL: https://itechua.com/articles/243396 (дата звернення: 13.04.2024).

6. Гаврись А. П., Лопачук Д. В. Перспективи використання безпілотних літальних апаратів у сфері цивільного захисту: thesis. 2018. URL: http://sci.ldubgd.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/8343 (дата звернення: 13.04.2024).

УДК 656.12

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ФОРМУВАННЯ ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ

Соколов А. В.
Херсонська державна морська академія (м. Херсон)

Вступ. Морські контейнерні перевезення займають домінуючу частку в загальному обсязі загальносвітових контейнерних перевезень завдяки найнижчий (у порівнянні з авіа, автомобільним, та залізничним транспортом), собівартості та зручності транспортування великих партій вантажів на далекі відстані. Разом з тим, морські контейнерні перевезення обумовлюють і необхідність вирішення низки проблем, пов'язаних, перш за все, з сегрегацією вантажів, їх раціональним та безпечним розміщенням на судні, та плануванням логістичних ланцюжків перевезень в цілому [1]. Однією з таких проблем є формування оптимального вантажного плану контейнеровозу, якій забезпечує мінімізацію часу виконання вантажних операцій на судні за умов дотримання всіх технологічних вимог до розміщення контейнерів, що гарантують безпеку перевезення вантажів [2, 3]. Можливим шляхом вирішення зазначеної проблеми є розробка спеціалізованої системи підтримки прийняття рішень (СППР) з формування вантажного плану контейнеровозу [4].

Основна частина. Процес формування вантажного плану контейнеровозу являє собою складну багатокритеріальну оптимізаційну задачу з обмеженнями, можливі методи вирішення якої докладно розглянути в роботах [2, 3, 5]. Слід зокрема зазначити, що в якості основних обмежень виступають: збереження міцності корпусу судна та його остійності, врахування послідовностей завантаження-вивантаження контейнерів у відповідності з портами призначення, дотримання технологічних вимог до розміщення та кріплення контейнерів, сегрегація вантажів у відповідності з умовами та правилами перевезення (небезпечні вантажі, вантажі з особливими умовами зберігання та транспортування). Головними критеріями оцінки практичної прийнятності сформованого вантажного плану судна є мінімізація зайвих операцій переміщення контейнерів або «шифтінгу» (перестановка одних контейнерів з метою забезпечення доступу до інших) під час здійснення процесів завантаження-вивантаження контейнеровозу за умов дотримання всіх технологічних обмежень, а також можливість отримання необхідного рішення за практично прийнятний проміжок часу.

Також додатково при формуванні вантажного плану судна бажано враховувати характеристики вантажного обладнання та порядок здійснення вантажних робіт у портах призначення.

Проведений порівняльний аналіз методів формування вантажних планів контейнеровозів [5], показав перспективність застосування для вирішення поставленої задачі комбінованих оптимізаційних процедур, що поєднують евристичні та детерміновані методи пошуку рішень. Приймаючи до уваги обчислювальну складність формування вантажного плану, спочатку здійснюється побудова так званого «каркасу» плану із застосуванням детермінованих методів, а здійснюється його уточнення шляхом визначення точної позиції кожного контейнера на судні із застосуванням евристичних методів.

У відповідності з вищезазначеними принципами та урахуванням вимог до формування вантажного плану контейнеровозу, автором розроблено дослідний зразок СППР, яка забезпечує виконання наступних задач [5]:

– формування та графічна візуалізація каркасу вантажного плану судна з урахуванням конструктивних особливостей та конфігурації його вантажних приміщень;

– заповнення каркасу вантажного плану контейнерами, що перевозяться із застосуванням евристичних методів та надання кількох можливих варіантів розміщень судноводію з метою вибору ним найкращого;

– адаптивний перегляд обраного варіанту вантажного плану в кожному порту призначення при внесені необхідних коригувань.

– розрахунок параметрів остійності та дотримання вимог збереження міцності корпусу судна для заданого вантажного плану.

Якість вантажного плану, що сформований, оцінюється за критеріями мінімізації часу виконання вантажних операцій, зменшення кількості шифтінгу контейнерів, забезпечення технологічності та дотримання вимог безпеки виконання вантажних робіт, дотримання регламентованих умов розміщення та перевезення вантажів.

Висновки. Застосування запропонованої СППР з формування вантажного плану контейнеровозу забезпечить скорочення часу, необхідного на виконання вантажних операцій в портах, що сприятиме поліпшенню економічних показників перевезення вантажу, а також підвищить рівень безпеки виконання рейсу судна в цілому. Найбільш ефективним застосування розробленої СППР буде у разі застосування у випадках здійснення мультипортових контейнерних перевезень, особливістю яких є значна кількість шифтінгу, і, як наслідок, висока складність формування вантажного плану судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Николаева Л. Л., Цимбал Н. Н. Морские перевозки: учебник. Одесса : Феникс, 2005. 425 с.

2. Ambrosino D., Sciomachen A., Tanfani E. Stowing a containership: the master bay plan problem. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2004. № 38.2. P. 81–99.

3. Ding D., Chou M. C. Stowage planning for container ships: a heuristic algorithm to reduce the number of shifts. *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol. 246(1). P. 242–249.

4. Hongpeng W. Knowledge-based Container Ship Automatic Stowage Expert System. *Journal of Shanghai Maritime University*. 2002. Vol. 23(1). P. 46–49.

5. Бень А.П., Соколов А.В. Аналіз сучасного стану методів формування вантажних планів контейнеровозів та шляхи їх подальшого вдосконалення. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2023. №1–2(26–27). С. 6−16.

АКТУАЛЬНІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОРТОВИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ З АВТОНОМНИМИ СУДНАМИ

Хуссейн Ю. М.
аспірант Інституту водного транспорту
Державного університету інфраструктури і технологій м. Київ
(Україна)

Вступ. Розвиток технологій штучного інтелекту, суднобудування, широке впровадження автономних суден у морську індустрію змушують портову галузь швидко адаптуватись до нових реалій. Автономні навігаційні рішення, що мінімізують час рейсового завдання, включно із часом, потрібним у порту для вантажно-розвантажних робіт, а також споживання палива.

Отже, необхідно інтегрувати MASS (Maritime Autonomous Surface Ship – морське автономне надводне судно) із портом з точки зору документації, причалу, обробки вантажів, лоцманської проводки, навігації та зв'язку, тощо, для здійснення грамотної експлуатації життєздатного автономного морського транспорту.

Актуальність досліджень. Розвиток морських автономних надводних суден та їх інтеграція в порт необхідні для вдосконалення автономного судноплавства. Але відсутність широкого набору даних через обмеженість використання автономних суден унеможливлюють або суттєво утруднюють збір і систематизацію фактичних даних про роботу порту із MASS для оцінки їхньої сумісності.

Тому слід розробити опитувальник, що відображає особисті думки експертів з портових операцій щодо оцінки відмінностей між точками зору зацікавлених сторін про перспективи інтеграції MASS в порт.

Постановка задачі. Таким чином, невирішеним комплексним питанням є інтеграція MASS в порти, тобто, як портові операції виконуватимуться на суднах без екіпажу або з обмеженим екіпажом. У той час як використання автоматизованих/автономних систем під час вантажних операцій на портових терміналах є досить розповсюдженим в галузі протягом останніх 20 років, пов'язані з ними операції на судні все ще виконуються з використанням людської праці. Ще більш складною проблемою є навігація та маневрування під час операцій прибуття/відходу судна в умовах інтенсивного трафіку порту. Ця проблема в основному формується навколо інтеграції автономних систем, які використовуються судном і портом.

Отже, існує прогалина в дослідженнях щодо виявлення того, які фактори роботи порту можуть бути впливовими та важливими для розвитку сумісності MASS і портів в умовах автономної роботи. Для відповіді на це питання необхідно провести експертне опитування, засноване на ключових експлуатаційних факторах автономного судна в зоні порту.

Результати досліджень. У результаті виконання цього дослідження, метою якого є визначення та розвиток пріоритетних напрямків інтеграції портів з автономними суднами, отримані такі основні результати.

1. Проведено огляд процесів розвитку MASS та методів взаємодії автономних суден з портами.

2. Створено опитувальник для з'ясування основних областей сумісності MASS та порту на основі експертних думок у сфері портових операцій.

3. Обговорено можливі рішення для автономної системної інтеграції портів і MASS.

Висновки. Для інтеграції MASS із портом з точки зору документації, причалу, обробки вантажів, лоцманської проводки, навігації та зв'язку для здійснення життєздатного автономного функціонування морського транспорту встановлюється впливовість і важливість факторів роботи порту для розвитку сумісності MASS і портів.

Однак отримані результати вказують на певні занепокоєння щодо надійності сучасних технологій і адекватності запропонованих рішень для забезпечення інтеграції MASS в порт. У зв'язку з цим необхідна ретельна перевірка та тестування розроблених технологій системи автономного судноплавства.

Дослідження підтверджує ідею про те, що інтеграція інформаційних технологій, цифровізації та автономних систем у портові операції, такі як зв'язок, лоцманське проведення, маневрування, стоянка, документація та обробка вантажів, полегшить управління MASS та зонами сумісності портів.

Ідея про інтеграцію MASS в порт, необхідна для автономного судноплавства, підтримується та підтверджується експертними висновками щодо звичайних портових операцій. З іншого боку, особисте сприйняття експертів щодо MASS можна визначити як обмеження цього дослідження. Здебільшого відповіді, отримані за допомогою опитувальника, відображають особисту думку експертів з даної теми через відсутність широкого використання автономних суден для оцінки сумісності порту і MASS, що є ще одним обмеженням дослідження.

Також слід провести подальші дослідження щодо оцінки відмінностей між точками зору зацікавлених сторін, залучених до цього дослідження. Методи моделювання дискретного вибору вважаються, на наш погляд, найбільш відповідними методологіями для детального аналізу перспектив зацікавлених сторін.

ЛІТЕРАТУРА

1. J Ahn, TH Joung, SG Kang, J Lee.: Changes in container shipping industry: Autonomous ship, environmental regulation, and reshoring. - Journal of International Maritime, 2019 - Taylor & Francis.

2. H.-C. Burmeister, W. Bruhn, Ø. J. Rødseth, T. Porathe.: Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-Navigation implementation: the MUNIN perspective. Int. J. e-Navig. Maritime Econ., 1 (2014), pp. 1–13.

3. H. Dybvik, E. Veitch, M. Steinert.: Exploring challenges with designing and developing shore control centers (SCC) for autonomous ships Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference, Cambridge University Press (2020), pp. 847–856.

4. J. Garrido.: The Past, the Present and Especially the Future of Automation in Container Terminals WWW Document, Pier Next (2020).

5. M. Grzybowski.: Autonomous Ships in Ports [WWW Document]. eBlue Economy (2021) https://www.eblueeconomy.com/21289-2/ 2.14.23.

6. Y. Gu, J.C. Goez, M. Guajardo, S.W. Wallace.: Autonomous vessels: state of the art and potential opportunities in logistics Int. Trans. Oper. Res., 28 (2021), pp. 1706–1739.

7. IMO Autonomous Shipping [WWW Document] International Maritime Organization (2023) URL: https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping. aspx).

8. K. Nybom, W. Lund, S. Lafond, J. Lilius, J. Björkqvist, K. Suominen, K. Tuulos.: IoT at sea 2018 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), IEEE (2018), pp. 1–7.

9. M. Plaza-Hernández, A.B. Gil-González, S. Rodríguez-González, J. Prieto-Tejedor, J.M. Corchado-Rodríguez.: Integration of IoT technologies in the maritime industry Distributed Computing and Artificial Intelligence, Special Sessions, 17th International Conference, Springer (2021), pp. 107–115.

10. Wright, R.G.: Unmanned and Autonomous Ships: An Overview of MASS. Routledge (2020). https://doi.org/10.1201/9780429450655.

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СЕКТОРІ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Шкляр В. В., Піщай Д. С.
Державний університет інфраструктури та технологій
(Україна)

Сектор морського транспорту відіграє вирішальну роль у світовій торгівлі та комерції, слугуючи основою для переміщення вантажів, товарів і пасажирів між континентами. Для того, щоб задовільнити зростаючі потреби цього сектору, необхідно постійно впроваджувати інновації та інтегрувати нові технології.

Інновації вже тривалий час залишаються ключовим фактором забезпечення прогресу і стійкості в секторі морського транспорту. Впроваджуючи нові технології та сприяючи культурі розвитку, галузь може вирішувати проблеми, оптимізувати операції та сприяти більш екологічному та ефективному майбутньому. Дослідження нових інноваційних напрямів розвитку та обізнаність функціоналу інноваційних технологій впливає на визначення стратегії розвитку сектору морського транспорту, підвищення його стійкості та процвітання, що підтверджує актуальність даної тематики.

Необхідність впровадження інновацій у транспортній сфері пов’язана, у більшій мірі, з радикальними, аніж з поступовими змінами доставки вантажів, які пропонуються транспортними компаніями вантажовідправникам, експедиторам та фрахтувальникам, тобто основним клієнтам. Інноваційна послуга перевезення формується на основі взаємодії ресурсів, обміну та творчих розробок з клієнтами, партнерами і навіть конкурентами. Така співпраця стимулює прибутковість і стійкість за рахунок лідерства у диференціації витрат, спеціалізації, диверсифікації та формуванні стратегічних союзів [1].

На сьогодні інноваційна складова на морському транспорті, у більшій мірі, представлена наступними напрямами:

- *автоматизація та діджиталізація* (характеризується все більшим впровадженням у морську галузь автономних суден, дронів та пристрїв Інтернету речей, які дозволяють підвищити ефективність та безпеку морських суден);
- *зелені технології* (орієнтуючись на цілі сталого розвитку, сектор морського транспорту інвестує в екологічні проекти та вводить у експлуатацію судна, що працюють на зрідженому природньому газі (ЗПГ), використовує енергію вітру, впроваджує технології скорочення викидів тощо).
- *аналітика даних та штучний інтелект* (великі масиви даних та штучного інтелекту використовуються для прогнозування технічного обслуговування, оптимізації маршрутів та процесів прийняття рішень).

Одним із найкрупніших представників морського сектору є судноплавний бізнес. Його розвиток супроводжується появою нових ролей і нових гравців в бізнес-середовищі, що у свою чергу активізує розробку нових, розумних технологій для судноплавства. Реалізація таких цілей передбачає об’єднання у співпраці основних постачальників технологій, провідні судноплавні компанії, суднобудівельні компанії (включаючи нових виробників розумних суден), виробників морського обладнання, постачальників електроніки, програмного забезпечення тощо. Враховуючи це інновації в сфері цифрових послуг є новим етапом для судноплавного бізнесу.

Інноваційні технології у сфері судноплавства впроваджуються з різною інтенсивністю та тривалістю використання. Прийняті в експлуатацію інноваційні продукти забезпечують автоматизацію та оптимізацію транзакцій, чим спрощують систему підтримки управлінських рішень. Як приклад варто розглянути інтелектуальний судновий звітний шлюз (I-Ship), що є інноваційним програмним продуктом, що дозволяє представникам суден звітувати перед європейськими та міжнародними морськими та

митними органами. I-Ship може бути використаний для автоматизації формальної звітності вчасно та правильно з урахуванням типу судна та його рейсу [2].

Ще одним важливим представником сектору морського транспорту є суднобудівельні компанії. Європейські суднобудівельні компанії стали світовими лідерами в інноваційних технологіях лазерного зварювання, які є дуже важливі для суднобудівельних верфей, клієнтів, інших галузей та європейського суспільства. Лазерне зварювання відіграє ключову роль у досягненні кількох цілей Європейської технологічної платформи WaterborneTP, зокрема у збереженні лідерства в суднобудуванні, створенні енергоефективних суден та побудові європейських круїзних суден [2]. Світові тенденції суднобудування на сьогодні мають такі інноваційні тренди, як розширена робототехніка, імерсивна технологія, зелені судна, адитивне виробництво, кібербезпека, штучний інтелект, розширені матеріали, оптимізація дизайну, Інтернет речей.

Розглядаючи функціонування морських портів, які є ключовими пунктами здійснення зовнішньоторговельної діяльності, необхідним етапом є ліквідація застарілого технічного обладнання та вчасне його оновлення у відповідності до сучасних європейських та світових вимог. Від портової ефективності залежить якість і обсяг експорту транспортних послуг, рівень конкурентоспроможності товарів на світовому ринку. Основним інноваційним напрямом для морських портів на сьогодні є формування інтелектуального порту, який дозволяє скоротити час відповіді користувачу порту, покращує використання портових активів і видимість морської логістики шляхом автоматизації та інтеграції наскрізних портових операцій у цифровому вигляді без втручання людини. Ключовими компонентами інтелектуального порту є розумна інфраструктура, розумні транспортні потоки, розумна логістика [3].

Узагальнюючи майбутні напрями інновацій у секторі морського транспорту, на які націлена увага сьогодення, доцільно виділити такі: блокчейн в управлінні ланцюгами поставок – підвищує прозорість, безпеку та ефективність в логістиці та операціях з ланцюгами поставок; водневі паливні елементи – скорочують викиди вуглецю та просувають ініціативи з чистої енергії; дистанційний моніторинг і профілактичне обслуговування – запобігає простоям і підвищує операційну ефективність за рахунок використання датчиків і пристроїв Інтернету речей, які здійснюють моніторинг продуктивності судна в режимі реального часу та профілактичного обслуговування; доповнена реальність у навчанні та навігації – вдосконалює навчальні симуляції і навігаційні засоби для поліпшення ситуаційної обізнаності та безпеки.

Отже, розвиток інноваційних технологій у сфері морського транспорту надзвичайно актуальний через потребу у зменшенні екологічного впливу, підвищенні ефективності та безпеки перевезень, ролі морського транспорту у глобальній торгівлі та логістиці, а також для збільшення конкурентоспроможності країн на міжнародному ринку та залучення інвестицій для економічного зростання. Інноваційні технології відіграють життєво важливу роль у формуванні майбутнього морського транспорту. Від автоматизації та діджиталізації до «зелених» технологій і зв'язку – ці досягнення сприяють підвищенню ефективності, стійкості та безпеки в галузі. Впровадження інновацій має важливе значення для компаній сектору морського транспорту, щоб залишатися конкурентоспроможними, адаптуватися до мінливої ринкової динаміки та долати виклики сучасного світу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Altuncan, M. (2019). Artificial Intelligence in Maritime Transport Withininternational Legal Framework. Dokuz Eylul University Maritime Faculty Department of Maritime Business Administration, URL: https://www.academia.edu/39190626/.

2. Maritime Innovations For The 21st Century. URL: https://www.waterborne.eu/.

3. Min, H. (2022). Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0. Marit Econ Logist. № 24. pp. 189–207. https://doi.org/10.1057/s41278-022-00211-3.

СЕКЦІЯ:

ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ

SECTION:

SIMULATOR SYSTEMS AND HUMAN FACTOR IN TRANSPORT

BENEFITS OF SIMULATORS: THE VITAL ROLE OF TRAINING SIMULATORS IN AVIATION EDUCATION

Riabokon Y. O.
Telepenko A. O.
National Aviation University
(Ukraine)

Introduction. The integration of training simulators in aviation is a compelling domain that explores the intricate relationship between technology, human cognition, and aviation safety. The use of simulators in training pilots is especially important in wartime conditions, when there are no opportunities to organize flights on real aircraft in real airspace.

Task statement. The study is devoted to the exploring the integration of training simulators in aviation with focusing on their significance in pilot education, proficiency, and aviation safety, examining the role of various simulators, from basic desktop setups to advanced full-motion replicas. The aim of the study is to highlight how these tools enhance pilot training, skill development, and readiness for real-world challenges.

Material and results of research. At the forefront is the significance of training simulators in pilot education and proficiency. These simulators, ranging from basic desktop setups to full-motion, high-fidelity replicas of aircraft, serve as invaluable tools for pilot training and skill development. By immersing pilots in realistic flight scenarios, simulators offer a safe and controlled environment to practice manoeuvres, emergency procedures, and decision-making skills. This hands-on training not only enhances pilot proficiency but also installs confidence and readiness to tackle real-world challenges.

Additionally, a number of pilot training programs include hands-on, practical training through the use of flight training aircraft (FTAs) and flight training devices (FTDs), which let pilots use their theoretical knowledge in actual flight situations while being supervised by certified instructors. These hands-on training sessions supplement classroom education and simulator training, assisting pilots in acquiring the situational awareness, decision-making, and muscle memory necessary for safe and efficient flight operations. Virtual reality (VR) and augmented reality (AR), two recent technological innovations that offer immersive and interactive learning environments, have completely changed pilot training. Training programs are more effective and efficient when pilots can visualize complicated ideas, practice procedures in realistic environments, and receive quick performance feedback thanks to VR and AR simulations.

The newest, modern simulators will prepare the pilot much better for real flights. The currently available training complexes are not equipped with a moving platform, do not create a feeling of overload for the pilot, and do not have a modern visualization system. And the pilot must feel all this set of "discomfort" in the simulator and precisely in such conditions, in milliseconds, make the right decisions in controlling the apparatus and using weapons.

Located within the laboratories of the National Aviation University, one of the cutting-edge complexes stands out as a testament to modern aviation training. This research facility boasts a comprehensive test system complex, comprising a runway control tower test system and a specialized computer test system tailored for aerobatic and navigational training of the Yak-18T aircraft. Equipped with advanced control hardware and a voice radio communication framework, both test system environments offer realistic training scenarios for students and advanced training for OPS system personnel. The runway control tower test system is specifically designed to simulate real-world conditions, allowing students to acquire essential skills such as issuing permits for flight, take-off, and crossing the runway, as well as handling engine starts, towing, manoeuvring, and resolving potential conflict situations in air traffic control (ATC).

This system features a sophisticated projection system for 3D visualization of the runway area and its surroundings, providing a highly immersive training experience. With over 100

models of manned and unmanned aircraft, helicopters, ground vehicles, and even people and animals, the simulation offers a lifelike environment for tower controllers to operate in various weather conditions, including summer and winter, day and night, snow and rain, fog and electrical storms, and varying degrees of cloudiness. The user interface of the tower dispatcher's automated workstation is meticulously designed to mirror that of the Boryspil training zone, ensuring seamless integration and familiarity for trainees.

On the other hand, the aerobatic and navigation training simulator is built around the actual cockpit of the Yak-18T aircraft. Its primary objective is to train and assess pilots in ground conditions, covering a wide range of functional duties such as navigation, system operation, radio communication, decision-making, and handling emergency situations. The development of the training complex's computer program is led by a team of experts with extensive experience in creating program training complexes. Utilizing state-of-the-art technologies and programming and modeling tools, the developers ensure the highest standards of training effectiveness and realism.

Moreover, the laboratory provides ample opportunities for student engagement in system and application programming, including the development of multi-platform client-server programs, the utilization of multi-threaded network technologies, methods of displaying cartographic data, the creation of three-dimensional models, and spatial visualization techniques.

The university also has another simulator, a modified L-410 digital aerobatic simulator. The modernized digital aerobatic simulator of the L-410 aircraft allows you to carry out such operations as familiarizing the crew with the cockpit, the operation of instruments, control elements and equipment in the cockpit, training in inspection and control operations on board the aircraft, and many others.

This university-based system extends beyond traditional training methods, offering students access to an FNPT II type simulator. With its advanced technical specifications, this simulator is capable of providing training for student pilots across various classes of aircraft, including single-engine piston aircraft such as the Cessna 172SP or Tecnam P2002JF, universal single-engine piston aircraft like the Piper 28 Arrow or Socata TB21, as well as multi-engine piston aircraft such as the Piper 44 Seminol or Tecnam P2006T. Additionally, it facilitates multi-crew training (MCC) on mid-class jets like the 737 or A320.

The simulator enables students to practice a wide range of flight procedures, including technical pre-flight preparations, engine start-up and testing, taxiing, take-off, climb, en route flight, descent, landing, and navigation using the full array of flight instruments and radio communication equipment. Furthermore, it allows for realistic simulations of crew coordination, including communication between crew members and with ground control, as well as handling emergencies, system failures, and special situations in accordance with the aircraft's Flight Manual.

Conclusion. The role of the universities in advancing aviation training cannot be overstated. Through state-of-the-art simulators and training complexes students gain invaluable hands-on experience and practical skills essential for safe and efficient flight operations. These facilities offer immersive and realistic training environments, allowing students to simulate a wide range of flight scenarios and practice crucial procedures under the guidance of experienced instructors. With access to cutting-edge technologies and comprehensive training programs, the universities play a pivotal role in shaping the next generation of skilled and competent aviation professionals.

REFERENCES

1. Druzhynin V. O. Structure and requirements for a universal training device for unmanned aircraft complexes. – Aerospace systems for monitoring and control. Kyiv, National Aviation University, 2021.

2. Субботін С. В. Використання авіаційних тренажерів у підготовці фахівців з обслуговування повітряного руху (комплексна). Київ, Національний авіаційний

університет, 2020.

3. Рассоха І. О Процес прийняття рішень під час тренажерної підготовки авіадиспетчера). Київ, Національний авіаційний університет, 2020.

4. Nowakowski H., Makarewicz J. flight simulation devices in pilot air training. - Scientific Journal of Silesian University of Technology Series Transport. Deblin, Kosice, 2018.

5. Національний Авіаційний університет, Університет придбав тренажер для Міжнародного центру підготовки пілотів. Київ, 2019. Електронний ресурс: https://nau.edu.ua/ua/news/2019/10/universitet-pridbav-trenazher-dlya-mizhnarodnogo-tsentru-pidgotovki-pilotiv.html.

6. Національний Авіаційний університет, Модифікований цифровий пілотажний тренажер літака L - 410. Київ, 2019. Електронний ресурс: https://nau.edu.ua/ua/menu/science/naukova-robota/naukovi-rozrobki/modifikovanij-czifrovij-pilotazhnij-trenazher-litaka-l-410.html.

7. Національний Авіаційний університет, Кафедра Аеронавігаційних систем-ЛRабораторія диспетчерських тренажерів. Київ, 2019 Електронний ресурс: http://www.ans.nau.edu.ua/laboratory_11319_ua.

IMPACT OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES ON THE PROFESSIONAL TRAINING OF NAVIGATORS

Калініченко Є. В. *– к.т.н., доцент*
Одеський національний морський університет
(Україна)
Калініченко Г. Є. *– к.т.н., викладач, працівник ЗСУ*
Відділення військової підготовки ФКМТ, Національний університет
«Одеська морська академія» (Україна)
Оберто Сантана Л. Е*. – аспірант, асистент*
Одеський національний морський університет
(Україна)

The rapid development of virtual reality (VR) technology is opening up new horizons in the professional training of specialists in various industries. The maritime industry in general, and the field of ship navigation in particular, is no exception. The introduction of VR-technologies into the process of education and training of navigators has a huge potential for improving the quality and efficiency of their training.

Traditional methods of training of navigators, such as theoretical training and practice on navigation simulators, have a number of limitations. They are not always able to fully recreate realistic shipboard conditions and simulate various abnormal situations. In addition, the use of real ships for training is costly and risky.

Virtual reality technologies offer an innovative approach to solving these problems. VR systems enable the creation of highly realistic simulations of ship operations, navigation tasks and emergency scenarios. By immersing themselves in a virtual environment, students can practise practical skills in ship handling, decision-making and crew interaction in a safe and controlled environment.

Relevance of the research. The relevance of the research on the impact of VR-technologies on the professional training of navigators is due to the following factors:

1. Growing requirements to the competence of navigators in the conditions of technological progress and increasing complexity of ship systems. Modern ships are equipped with more and more complex navigation equipment and automated control systems. This requires from navigators a deep understanding of the principles of operation of these systems and skills of their effective operation. VR-technologies make it possible to simulate the operation of modern navigation equipment and work out algorithms of interaction with it.
2. The need to improve the safety of navigation. Navigator's errors remain one of the main causes of maritime accidents and incidents. Insufficient level of practical skills and unpreparedness to act in abnormal situations increase risks at sea. The use of VR-simulations allows to repeatedly practise correct algorithms of actions in various emergency scenarios without endangering life and real ships. This contributes to the development of sustainable skills and behaviours required to ensure safety.
3. The need to optimise training costs. Organising practical training of navigators on real ships or physical simulators involves significant financial and time costs. VR-technologies offer a cost-effective solution. Once developed, virtual simulators can be used repeatedly to train a large number of students. This eliminates the need for costly operation of real equipment, consumables and maintenance staff.

Thus, the study of the impact of VR on the training of navigators is of high practical significance for the maritime industry. The results of such research can contribute to the modernisation of the maritime education system, improve the quality of training and increase the safety of navigation.

Problem statement. The aim of this study is to conduct a comprehensive analysis of the impact of virtual reality technologies on the professional training of navigators. In order to achieve the goal, the following tasks should be solved:

– To study the current state and problems of the system of professional training of navigators, to identify deficiencies of the practice-oriented component of training.

– Analyse the possibilities and features of VR-technologies application in maritime education, their potential to eliminate existing gaps in practical training of navigators.

– To study the specific experience of VR-simulators implementation in navigator's training programmes in various educational institutions and training centres. To assess the results of VR application in terms of improving the quality of training and the level of professional competences.

– Identify the advantages and limitations of using VR in the training of navigators, possible risks and problematic aspects of integrating this technology into the educational process.

– Develop recommendations on effective implementation of VR-technologies in the system of professional training of navigators, taking into account the specifics of the maritime industry and requirements to the competence of shipboard personnel.

The research methodology will include: analysis of scientific literature and industry publications on the topic, study of the regulatory and legal framework governing the training of navigators, survey and interviewing of teachers and students of maritime educational institutions, comparative analysis of the results of training using VR and traditional methods of training.

Results of the research. The analysis of the current state of the system of professional training of navigators has revealed a number of problem areas. Many maritime educational institutions lack modern simulator facilities and opportunities for practical training of ship handling skills in realistic conditions. Traditional teaching methods based on theoretical lessons and work with simplified physical models do not allow students to fully develop the necessary competences [1, 2]. As a result, graduates are often insufficiently prepared to solve practical tasks of ship navigation and to act in emergency situations.

The research into the possibilities of VR-technologies has shown that they can effectively address the identified gaps in the practical training of navigators. VR-simulators allow creating highly realistic virtual models of modern vessels equipped with complex integrated navigation and control systems. Students have the opportunity to study in detail the operation of navigation equipment, to practise interaction with it and to make decisions based on incoming information. VR also provides an opportunity to repeatedly simulate various standard and abnormal situations of ship navigation – from standard operations to equipment failures and emergency scenarios. This allows future navigators to form stable action algorithms and behavioural models and reduce the impact of the human factor on safety.

Analysis of the experience of VR-simulators application in the leading maritime educational institutions and training centres confirmed their high efficiency. The introduction of VR-technologies has led to a significant improvement in the quality of practical training of navigators. The students trained using VR demonstrated a higher level of professional competences compared to the control groups using traditional methods. There was a 15–25% improvement in material mastery, speed and correctness of decision-making in simulated situations. VR also proved to be highly effective for practising communication and teamwork skills, as well as bridge resource management.

Along with the advantages, some limitations of VR application in navigator training have also been identified [3]. In particular, the high cost of developing and implementing quality VR simulators can be an obstacle for small training institutions with limited budgets. It is also required to organise specific training for teachers to work with VR systems. Some students may have difficulty adapting to the virtual environment, which requires additional attention from instructors.

Figure 1 – example of the use of virtual reality technologies at
ONMU for the acquisition of basic competences of a navigator by students

In general, the results of the study confirm that virtual reality technologies have a positive impact on the professional training of navigators. VR allows to significantly increase the practical orientation of training, to form a realistic understanding of the peculiarities of modern navigation equipment operation and algorithms of actions in various situations [4]. Systematic use of high-quality VR-simulators in combination with theoretical training contributes to the development of future navigators' competences necessary to ensure safety and efficiency of navigation.

Conclusions. The conducted research allows us to draw the following conclusions about the impact of virtual reality technologies on the professional training of navigators:

1. The existing system of navigator training lacks practice-oriented component of training. Traditional methods are not fully capable to form students' competences necessary to work on modern high-tech vessels.

2. VR-technologies have a significant potential to fill gaps in the practical training of navigators. They allow creating realistic simulations of navigational equipment operation, practising ship control and crew actions in various conditions.

3. The experience of VR application in leading maritime educational institutions confirms the effectiveness of this technology. There is an increase in the quality of training, the level of professional competences and the speed of acquiring practical skills among students.

4. The use of VR in navigator training has a number of advantages: the ability to simulate a variety of scenarios, safety of critical situations, and savings on the use of real equipment. At the same time, it is necessary to take into account the high cost of high-quality VR-systems and the importance of their methodologically correct integration into the training process.

5. In order to effectively implement VR-technologies in the maritime education system, it is necessary to develop special curricula and standards synchronised with industry requirements. It is important to organise training of teachers to work with VR and to ensure that virtual simulations are combined with theoretical training and practice on real ships.

The results of the study show that virtual reality technologies can bring the professional training of navigators to a qualitatively new level. VR opens up opportunities for bridging the gap between theory and practice, developing students' competences that maximally correspond to real working conditions.

Systematic and methodologically verified use of VR in maritime education will contribute to the improvement of maritime safety through the training of highly qualified ship management personnel. This determines the need for further development and implementation of VR-technologies as an integral component of the modern system of maritime education.

REFERENCES

1. Г. Томчаковський, О. Россомаха, О. Саф'ян, О. Колєснік, П. Мущенко. Використання технологій віртуальної реальності в морському освітньому процесі. Актуальні питання у сучасній науці № 5(11) (2023). DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-5(11)-459-468 (date of access: 20.04.2024).

2. О. Колєснік, Г. Томчаковський, Є. Калініченко, О. Саф'ян, Л. Оберто Сантана. Організація та методика проведення занять з використанням тренажерного обладнання. Актуальні питання у сучасній науці № 5(11) (2023). DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-5(11)-379-392 (date of access: 20.04.2024).

3. Bao, J., Li, Y., Duan, Z., Li, T. & Zhang, P., March 2021. Key factors affecting the quality of maritime education and training: empirical evidence from China, The Journal of Navigation, Volume 74, Issue 2, pp. 396–408. Available at: https://doi.org/ 10.1017/S0373463320000740 (date of access: 20.04.2024).

4. Г. Томчаковський. VR-технології в навігаційному навчанні. XI всеукраїнська науково–практична конференція студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту» 21 квітня 2023 року. Одеський національний морський університет, 2023, Ukraine. Vol. 1 С. 118–120. URL: https://onmu.org.ua/ua/konf-2/3379-xi-conf-tr-2023.html (date of access: 22.04.2024).

КОГНІТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОПЕРЕДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ОСОБЛИВИХ СИТУАЦІЙ У ПОЛЬОТІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

***Прохоренко І. В.**, к.т.н., доцент*
***Тимошенко Н. А.**, к.т.н., доцент*
***Соколова Н. П.**, к.т.н., доцент*
Національний авіаційний університет
(Україна)

Вступ. Постійно зростаюча частка авіаційних послуг і робіт неминуче веде до інтенсифікації польотів, які, у свою чергу, ведуть до зростання авіаційних подій (АП) та передумов до них. Переважна більшість (близько 80%) причинної АП є дії людини – людського чинника. Ущільнення повітряних коридорів і повітряних суден (ПС), жорсткі вимоги до графіка польотів ПС, постійне підвищення вимог до економічної доцільності, а також інші вимоги суттєво погіршують психофізіологічний стан екіпажу та особливо його командира.

Все це вимагало від вчених, інженерів та конструкторів пошуку та розробки нових технологій конструювання, виробництва, експлуатації та управління. Завдяки цьому, починаючи з 80-х років XX століття стали бурхливо розвиватися інформаційні та комунікаційні технології, за ними послідувала біотехнологічна революція і революція в галузі нанотехнологій, що почалися в цьому столітті. Це, у свою чергу, породило бурхливий прогрес розвитку когнітивних технологій і в кінцевому підсумку призвело до NBIC-конвергенції (N-нано; B-біо; I-інфо; C-когно), що торкнулася всі області людської життєдіяльності прямо або опосередковано, визначаючи характер, способи та динаміку соціальних взаємодій.

Особливу роль NBIC-конвергенції може зіграти у створенні нових методологій, форм та методів запобігання авіаційним подіям та передумовам до них [2].

Актуальність дослідження.

Революційний розвиток інформаційних технологій, біотехнологій, нанотехнологій, що послідовно послідували одне за одним, у свою чергу привели до бурхливого прогресу розвитку когнітивних технологій. Когнітивні технології є методом трансформації якостей і якостей людини, її поведінки з допомогою модифікації психо-фізіологічних властивостей організму чи включення людини у гібридні системи.

У роботі [1] автори описують кількісні та якісні атрибути проектів у рамках форсайт-досліджень, наводяться сценарії експертних рекомендацій щодо використання моделі зміни технологічних укладів для довгострокового прогнозування науково-технічного розвитку. Роботи [2, 3] присвячені розробці концептуальних засад когнітивної методології. Розглянуто можливості аналізу, синтезу, прогнозування розвитку ситуації у великих системах. Діяльність [4] наводиться коротке теоретичне становище, приклади аналізу організаційно- технічних систем з допомогою когнітивних карт.

Робота [5] присвячена розкриттю змісту та основних переваг застосування когнітивних технологій у галузі економіки. У роботі [6, 7] розкриваються складності управління соціотехнічними системами, наводяться складні відмінні риси когнітивних технологій управління та практичний виграш від застосування цих технологій.

Постановка задачі.

Уявимо процес управління польотом ПС у вигляді складної системи взаємопов'язаних підсистем «ПС – САУ – екіпаж – середовище – особлива ситуація». Агрегована велика система (“large-scale-systems”) є поширеним поняттям.

По-перше, для великих систем характерно дуже багато елементів, зв'язків і взаємодій між елементами, але цієї ознаки мало.

Істотною є складність різнорідної структури, утвореної цими елементами, багатошарова, ієрархічна і.т.д. У практиці управління польотом у невизначених умовах досить часто слабкі взаємодії підвищують складність системи.

По-друге, це надзвичайно висока динаміка системи, складність її поведінки, непередбачуваність.

По-третє, це властиві, таким системам закономірності, які поки що не всі вивчені остаточно: закономірності взаємодії елементів і цілого – (цілісність, інтегративність); закономірності ієрархічної упорядкованості систем (комунікативність, ієрархічність) – ці групи закономірностей тісно пов'язані з закономірністю цілісності, з декомпозицією цілої частини, взаємодією системи з довкіллям та її проявами в невизначених ситуаціях у польоті, тобто надсистемою, та підлеглими системами; закономірності появи та розвитку особливої ситуації (ОС); закономірності функціонування та розвитку систем (історичність, самоорганізація); закономірності здійсненності систем (еквіфінальність, принцип необхідної різноманітності, потенційна ефективність) [2, 7].

По-четверте, це притаманні таким системам проблеми: слабоструктурованість і неструктурованість.

Таким чином, метою когнітивного аналізу складних авіаційних систем в умовах невизначеності є:

– з'ясування механізму функціонування системи, тобто механізму раптово виникаючих явищ і процесів, що відбуваються в системі, або прогнозування розвитку ситуації та дій у ній екіпажу (КПС);

– управління системою в ситуації, що склалася; або визначення можливостей парірування негативних наслідків конкретної ОС, або адаптація системи до умов польоту, що швидко змінюються;

– вирішення всіх названих завдань у сукупності.

Реалізація останньої задачі можлива у системі з підказкою, обмеженою умовами безпеки польоту. Всі ці особливості когнітивної методології дозволяють віднести її до інтелектуальних технологій, на підставі яких можлива розробка інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Структура можливого когнітивного управління великою авіаційною системою у особливих ситуаціях у польоті наведено на (рис. 1).

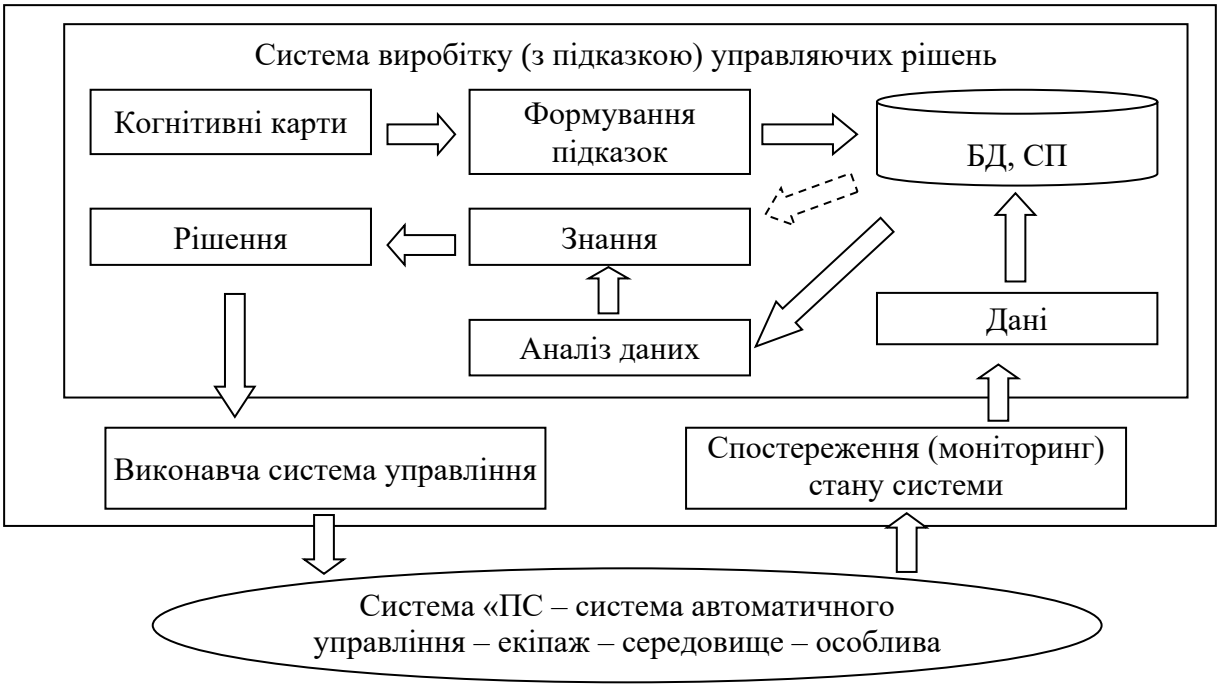


Рисунок 1 – Структура можливого когнітивного управління системою в особливих ситуаціях у польоті

Запропонована структура чітко висвічує взаємодію різних хвиль науково-технічної революції, що породила активний розвиток нового типу технологій – когнітивних технологій.

Когнітивні технології в нашому випадку розуміються, як способи трансформації людської поведінки, її властивостей та якостей за рахунок модернізації параметрів організму (психофізіологічних), а також включення людини в гібридні системи (Рис. 1) та формування алгоритмів дії екіпажу в конкретній польотній ситуації, яка виникла раптово.

Справді, для вироблення та прийняття рішення щодо виходу з аварійної ситуації екіпажу, що має певний досвід управління польотом ПС, необхідно включити в цей процес не тільки свої знання та вміння, а й задіяти досвід виходу з подібних ситуацій найбільш досвідчених пілотів (екіпажів). Для цього в роботі пропонується розробляти та по них формувати когнітивні карти базу підказок та зберігати їх у сховищі підказок (СП). У разі виникнення аварійної ситуації система вироблення керуючих рішень обирає відповідну підказку та передає екіпажу для оцінки правильності прийнятого ним рішення.

Таким чином, для запобігання розвитку особливої ситуації, що раптово виникла, в польоті екіпажу потрібно провести ретельний аналіз даних (Рис. 1), порівняти його результати з запропонованою підказкою і прийняти рішення про подальші дії по виходу з ситуації.

Математичний інструментарій аналізу та порівняння даних залежно від польотної обстановки, що склалася, можна представити наступним чином (Рис. 2).

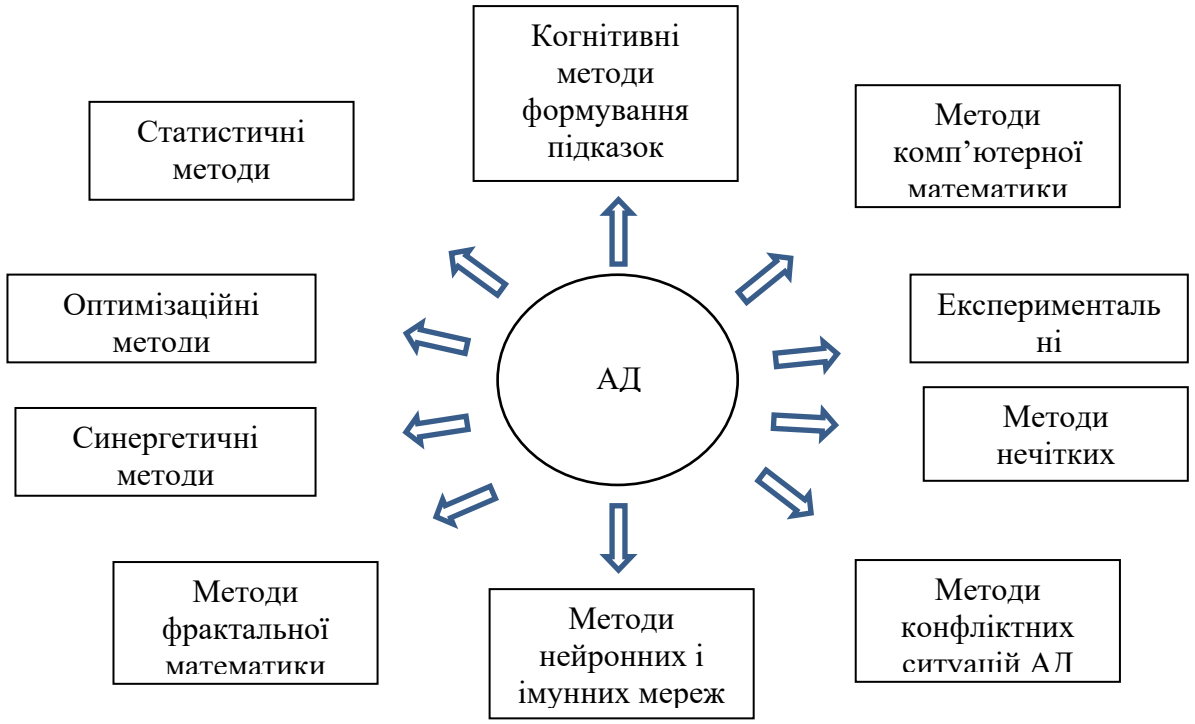


Рисунок 2 – Пропоновані методи обробки інформації,
які використовуються для підтримки прийняття рішень

Висновок. Когнітивний підхід до дослідження показав свою ефективність при вирішенні завдань психології, лінгвістики, в сучасній економіці, при розробці інтелектуальних інформаційно-керуючих систем та інш., ухвалення рішень в екстремальних умовах. Тобто з'являється можливість використання накопиченого досвіду пілотування в екстремальних умовах та породження нових методів та прийомів розв'язання задачі парірування негативних наслідків ситуації, що виникла в польоті, що становить основу інтелектуальних систем управління складними різнорідними комплексами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baez J. Subcellular Life Forms. UCR. 2005. – December 21 [Електронний ресурс] / J. Baez. – Режимдоступу (станом на 2015 р.)

2. Казак А. В. Синтез характеристик психофізіологічного портрета особи, яка приймає рішення в умовах високого ризику. Кам.-Під.: Проблеми сучасної психології, №28 (2013).

3. Roco M., Brinbridge W. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Arlington, 2004.

4. Казак В. М. Системний аналіз автоматизований організаційно-технічних систем / В.М. Казак. – К.: Книжк. в-во НАУ, 208. – 164 с.

5. Schummer J. From Nano-Convergence to NBIC-Convergence “The best way to predich the future is to create it” // Coverning Future Technologies. – Springer Netherlands, (2009).

6. Stuart A. Gilder, Michael Wack, Leon Kaub, Sophie C. Roud, Nikolai Petersen, Helmut Heinsen, Peter Hillenbrand, Stefan Milz& Christoph Schmitz. Distribution of magnetic remanence carriers in the human brain// Scientific Reportsvolume, 11363 (2018).

7. Gábor Tamás, Ed S. Lein. Transcriptomic and morphophysiological evidence for a specialized human cortical GABAergic cell type. Nature Neuroscience, No/21 (2018).

ВПРОВАДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИМУЛЯТОРІВ У ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ, ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА

Старцев О. М.
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

Вступ. В даний час розвиток віртуальних технологій досить швидко просувається вперед. У зв'язку з цим розвиваються різні відгалуження сфери віртуальних технологій. До сфер, у яких розвиваються дані технології, можна віднести транспорт, бо саме в цій сфері переважає людський фактор, який безпосередньо впливає на безпеку судноплавства. Особи, які призначаються на посаду, часто не мають достатнього досвіду та здібностей, що призводить до різних труднощів, у тому числі й аварій. Саме розвиток віртуальних тренажерних симуляторів є важливим ключем до безпеки на водному транспорті.

Для підтвердження актуальності застосування нових можливостей можна розглянути статистику стану безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна, за січень – грудень 2023 року. За результатами проведених розслідувань аварійних подій, що трапилися протягом 2023 року, встановлено, що причинами їх виникнення були [1]:

– організаційні причини – 11 випадків (39%) (неналежна організація несення вахтової служби на ходовому містку для забезпечення безаварійного плавання судна, порушення вимог відповідних Правил плавання, Обов’язкових постанов по морським портам України та Правил судноплавства, а також порушення правил техніки безпеки та охорони праці);

– технічні причини – 13 випадків (47%) (неналежна організація виконання правил технічного обслуговування рульового та якірного пристрою судна, а також експлуатації головних двигунів, зокрема відсутність контролю за станом паливних і масляних фільтрів та їх вчасною заміною відповідно до плану технічного обслуговування або раніше через незадовільний (засмічений) стан паливних та масляних фільтрів, використання);

– навігаційні причини – 4 випадки (14%) (здійснення навалу на інші судна, що стоять на якорі, неврахування безпечної дистанції та невиконання відповідного маневру для запобігання навалу/зіткненню, зокрема під час здійснення маневрів по швартуванню/відшвартуванню суден до/від причалів, постановці на якір тощо).

Виходячи з наведених вище даних можна зробити висновок про те, що впровадження нових можливостей, а саме віртуальних тренажерних симуляторів є важливою частиною в забезпеченні безпеки судноплавства. Цей вид нововведень дозволить скоротити кількість аварійних подій за рахунок можливості високоякісної підготовки спрямованої на отриманні практичного досвіду в експлуатації суднового обладнання та виконанні певних обов’язків.

Актуальність дослідження. У сучасних реаліях існує достатня кількість проблем з підготовки нових спеціалістів. Якщо розглядати теоретичні відомості, то не завжди та чи інша людина зможе зіставити ці дані з реальністю без практичного застосування. Можливі варіанти, що застаріле обладнання для практичного застосування було замінене на новітнє та співробітник не здатний різко адаптуватися до нових функціональних можливостей. Саме тому варто розглянути стан впровадження віртуальних тренажерних симуляторів у водному транспорті і актуалізувати увагу на цьому питанні.

Постановка задачі. Задачі дослідження складаються у вивченні сучасного стану розвитку, процесу впровадження та способів реалізації віртуальних тренажерних симуляторів у водному транспорті, а також у проведенні аналізу існуючих проблем зі способами їх вирішення.

Результати дослідження. Тренажерні технологій у підготовці майбутніх судноводіїв вирішують такі завдання: практичне стажування на судні, формування умінь та навичок щодо управлінських рішень у нестандартних ситуаціях; визначення раціонального маршруту судна; перевірка справності функціонування навігаційного обладнання; проведення розрахунків шляху та відміток пересування на карті тощо. Тренажерні технології у підготовці майбутніх судноводіїв отримали ще назву симуляційних, оскільки на основі змішаної, доповненої та віртуальної реальності, наближають в умовах навчання судноводіїв до об'єктивної дійсності, забезпечуючи управління судном [2].

Під віртуальними тренажерними симуляторами мається на увазі система, яка дозволяє створювати й інтегрувати точні тривимірні моделі реальних об'єктів та створювати таку віртуальну навчальну середу, яка здатна надати людині практичні навички експлуатації транспорту. Сама система симуляторів є тренажером з технологіями для забезпечення виходу у віртуальну реальність (у сучасних реаліях – це система віртуальної реальності зі шоломом, спеціальними контролерами та підготовлене цифрове середовище). Така система є зручним рішенням у отриманні (закріпленні) нових знань та навичок. Саме завдяки функціям виходу у віртуальну реальність людина здатна практично відчути ті чи інші функції та зіставити теоретичні відомості із можливостями. Практичні знання будуть представлятися людині у вигляді можливостей керувати транспортом, досліджувати можливості того чи іншого обладнання та систем керування. Також розглядається і варіант аварійних ситуацій, рятувальних заходів на судні, щоб була можливість повправлятися в екстреній ситуації для забезпечення навичок швидкої реакції та адаптивності до ситуації.

Так норвезька компанія ASK Safety здійснила випуск першого в світі мобільного тренажера-симулятора рятувальної шлюпки. Система розроблена на технології віртуальної реальності (VR), яку можна налаштувати під конкретне судно. Тренажер-симулятор знайомить з системами спуску і підйому шлюпок і дає можливість здійснювати з ними різні операції: опускати, піднімати, віддавати гаки, здійснювати посадку пасажирів. Сам процес тренування максимально наближений до дійсності завдяки VR огляду в 360 градусів. Крім того, на тренажері є можливість вибрати бальність моря, умови видимості і час доби. У комплекті з системою поставляється апаратура, яка включає: ноутбук, віртуальну гарнітуру, джойстик або ручку управління. Користувач симулятора може спілкуватися з інструктором під час занять, також існує можливість одночасної участі декількох осіб. Взаємодія вибудовується за принципом сучасних онлайн-ігор. Симулятор також передбачає сценарій, в рамках якого моряк може правильно розміщувати пасажирів в рятувальній шлюпці в разі загальної тривоги [3].

Світовим лідером з розробки морських освітніх центрів з лабораторіями для симуляційного навчання, оснащених найсучаснішими технологіями, є фінська технологічна група Wärtsilä. Дана компанія розроблює такі лабораторії моделювання, звертаючи увагу на найновіші розробки в операційному обладнанні та системах. Навігаційні ходові містки фізичного моделювання поєднуються з програмами віртуальної, доповненої та змішаної реальності. Разом вони створюють надзвичайно реалістичне навчальне середовище для навігації, маневрування, швартування, обробки вантажу та процедур безпеки. Система також імітує та навчає правильному способу використання нових суднових технологій, таких як підключення до берегового живлення або бункерування.

Англійська компанія V360 Marine виробляє тренажерний симулятор для навчання управлінню живленням на судні за допомогою технології віртуальної реальності. Завдяки цьому повністю мобільному рішенню навчальним центрам та іншим управлінським компаніям не потрібно буде покладатися на фізичні макети для розгортання навчання, яке можна проводити в будь-якій аудиторії чи на робочому місці (на судні). Крім логістичних переваг, ці системи також можуть покращити процес навчання. За допомогою симуляції

можливо відтворити всі реальні робочі сценарії від синхронізації генераторів до відключень електроенергії та збоїв двигуна до тестування на ходу. Симулятор надає користувачам повний досвід, включаючи чуйне аудіо, записане з реальних подій, і інтелектуальну базу даних для тренування, яка записує та аналізує всі дії під час навчання. Це надає тому хто навчається надзвичайно детальний і стислий набір даних, який можна використовувати для виявлення слабких місць, а також сильних сторін для навчання решти команди.

Можна відзначити, що віртуальні тренажерні симулятори можуть використовуватись і у сфері тестування обладнання на суднах, щоб уникнути критичних ситуацій під час реальної експлуатації. Реалізація даних систем у центрах підготовки фахівців схиляється тільки до фінансових та ергономічних можливостей самої компанії. Перспективи розвитку такого виду навчальних інформаційних систем полягає у безперервному доповненні функцій та вивчення можливостей реального виду транспорту.

Віртуальні тренажери мають низку безперечних переваг перед іншими формами навчання: немає поточних фінансових витрат; відсутність ризиків травмуватися під час тренувань; тривалість та режим навчання не обмежені за часом; можливо будь-яка кількість повторень вправи з автоматичною, миттєвою та неупередженою якісною та кількісною оцінкою до досягнення його повного доведеного освоєння та закріплення; не потрібна постійна присутність викладача; методичні рекомендації здійснюються автоматично, програма сама вказує на допущені помилки, виконується об'єктивне оцінювання. А мобільні тренажерні симулятори VR дозволяють проводити тренування членів екіпажу безпосередньо на судні.

Таким чином, віртуальний симулятор, звичайно, не підмінює традиційні форми навчання - лекційний курс, перегляд мультимедійних матеріалів, асистенції тощо, проте, перш ніж допустити спеціаліста до виконання обов’язків на судні, необхідно відпрацювати практичні вміння на тренажері і оцінити (сертифікувати) отримані навички.

Висновки. Розглядаючи розвиток водного транспорту та підготовку майбутніх фахівців, стає зрозумілим, що все це є досить тривалим процесом, який не завжди окупає за часом свої можливості. Саме тому можна зробити висновок про те, що розвиток навчальних інформаційних систем, а саме використання віртуальних тренажерних симуляторів на водному транспорті здатне доповнити недостатні критерії тієї чи іншої сфери транспорту. В даний час дуже швидко зростає функціонал віртуальних систем і тренажерів, і, виходячи з цього, можна сказати, що найближчими роками можуть з'явитися величезні можливості для транспортної галузі. Це дозволить водному транспорту вийти на новий рівень підготовки та реалізації своїх функцій, а перш за все - підвищити рівень безпеки судноплавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стан безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна, за січень – грудень 2023 року з наростаючим підсумком. URL: https://marad.gov.ua/ua/diyalnist/stan-avarijnosti-ta-bezpeki-sudnoplavstva-na-vodnomu-transporti (дата звернення 28.02.2024).

2. Даниленко О. Застосування тренажерних технологій у підготовці майбутніх судноводіїв до використання навігаційного обладнання інтегрованого ходового містка судна. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України, серія: педагогічні науки. 2021. № 1(24). С. 97–107.

3. Норвезька компанія створила перший в світі симулятор рятувальної шлюпки. URL: https://ua.sudohodstvo.org/norvezka-kompaniya-stvorila-pershiy-v-sviti-simulyator-ryatuvalnoyi-shlyupki/ (дата звернення 28.02.2024).

ФАКТОРИ УСПІШНОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ДИСПЕТЧЕРІВ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ

Суркова К. В., Ломакіна М. Є., Тернавська Т. А.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Вступ. Для будь-якого молодого фахівця робота на новому робочому місці супроводжується емоційною напруженістю або взагалі стресом через адаптацію до нового середовища. Важливо, щоб процес адаптації нового працівника був правильно організований, як для самого працівника, так і для авіакомпанії. Нові працівники повинні швидко адаптуватися до професійного середовища, розуміти свої завдання, спілкуватися та взаємодіяти з колегами та керівництвом. Професійні обов'язки диспетчерів із забезпечення польоти (ЗП) включають в себе виконання різних завдань, пов'язаних з інформаційним забезпеченням польоту, розрахунком параметрів польоту, плануванням польоту, наданням допомоги екіпажу під час підготовки до польоту, а також контролем за виконанням польоту та іншими аспектами. Виконання таких завдань потребує швидкості, впевненості та високої точності. Аналіз і обробка професійної інформації ускладнюється необхідністю визначення першочергової інформації, складністю відбору інформації при великому обсязі інформації. Швидкість оцінювання інформації залежить від вміння диспетчера із ЗП узагальнити та визначити першочергову інформацію. Інформаційне забезпечення польоту має чітко визначений, стандартний вигляд з використанням абревіатур, авіаційно прийнятих скорочень, що вимагає пильності та впливає на час опрацювання обсягу даних.

Актуальність досліджень. Складний вид діяльності диспетчерів із ЗП визначає певні труднощі для молодих фахівців, які адаптуються до цього професійного середовища. Найбільш важливим періодом адаптації є період стажування, тобто перші місяці роботи та звикання молодих фахівців до нових умов, нового колективу. Саме цей період є показовим щодо значної частини звільнень молодих фахівців у авіакомпаніях і визначає успішність професійної адаптації. Тому розробка ефективної моделі професійної адаптації для молодих авіаційних фахівців, яка допоможе вирішити більшість проблем, що виникають на початку роботи, є актуальною.

Постановка задачі. Розробка моделі професійної адаптації диспетчерів із ЗП при виконанні завдань планування польотів потребує визначення та врахування факторів успішності професійної адаптації, які відповідним чином впливають на результат адаптаційних процесів на робочому місці.

Результати досліджень. Дослідження щодо адаптації, зокрема професійної, відображені у багатьох роботах як вітчизняних, так і зарубіжних науковців. Проаналізовано наукову літературу з професійної адаптації, факторів та умов успішності адаптації [1, 2, 3, 4, 5].

Важливою умовою успішності адаптації, як вважає Gajda J., є правильно організований і проведений процес адаптації, в ході якого працівник може повністю адаптуватися до нових умов праці. Це означає, що він досяг повної ефективності у виконанні зрозумілих для нього завдань, які відповідають його компетенціям, більшої залученості до виконання покладених обов'язків при отриманні почуття задоволення та професійної придатності від своєї роботи. Відсутність адаптації призводить до негативних наслідків у вигляді відсутності як задоволеності роботою, так і корисності в організації [4].

На державному рівні велике значення надається професійній адаптації, яка розглядається як науково обґрунтована система заходів, спрямованих на входження, освоєння та досягнення професійної майстерності у конкретній сфері праці на робочому місці [6].

Диспетчери із ЗП виконують різноманітні завдання, включаючи планування

польотів і отримання дозволів на їх виконання. Одним із стандартних процесів, які вони виконують, є отримання дозволу на польоти, що вимагає від них переробки великої кількості інформації та прийняття обґрунтованих рішень на основі цієї інформації. Це складне професійне завдання, що вимагає від диспетчерів високого рівня оцінки і аналізу.

Встановлено, що на початку роботи молодий фахівець може стикатися з багатьма проблемами в ході професійної діяльності: недостатня теоретична підготовка; відсутність практичних навичок і умінь; високі вимоги до початкових знань; великий обсяг одночасно одержуваної інформації та ін. [7].

Зазвичай диспетчер із ЗП, що тільки починає роботу у авіакомпанії, стикається з тим, що йому потрібно самостійно приймати рішення на основі аналізу та опрацювання великого обсягу різноманітної аеронавігаційної інформації. Психологічна підтримка під час адаптації важлива для зменшення напруженості та стимулювання професійної діяльності молодого співробітника авіакомпанії, який може перебувати в постійній емоційній напрузі через негативні фактори, які ускладнюють його професійну діяльність та притаманні операторському типу діяльності (необхідність кодування та декодування інформації, швидкість оцінювання інформації, висока точність дій та відповідальність, часові обмеження, інформаційне навантаження).

Було виявлено, що найпоширенішими труднощами, з якими зіштовхуються молоді співробітники авіакомпаній, є труднощі в адаптації до специфіки конкретних професійних завдань, що частково пов'язані з недостатньою професійною підготовкою.

Для визначення факторів успішності професійної адаптації використано результати аналізу наукових напрацювань з цієї тематики та опитування експертів, які є працівниками авіакомпаній.

В результаті аналізу та опрацювання відповідей респондентів нами було виділено основні фактори, від яких залежить успішність професійної адаптації молодих фахівців авіакомпанії:

1. Фактори, пов'язані із рівнем професійної підготовки.
2. Фактори, пов'язані із підтримкою молодого фахівця та умовами діяльності на робочому місці.
3. Фактори, пов'язані із професійною мотивацією молодого фахівця.
4. Фактори, пов'язані із матеріальним забезпеченням.
5. Фактори, пов’язані із сформованими професійно-важливими якостями молодого фахівця.

Розподіл суджень респондентів по важливості кожної групи факторів успішності професійної адаптації наведено на рисунку 1.

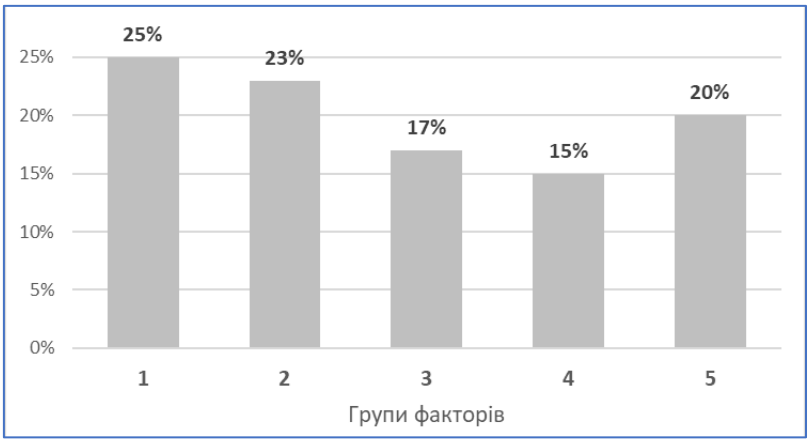


Рисунок 1 – Розподіл по групах факторів успішності професійної адаптації

Кожна група факторів успішності професійної адаптації молодих фахівців авіакомпанії підрозділяється на окремі фактори, які також оцінювалися респондентами. Так, до факторів, пов’язаних із сформованими професійно-важливими якостями молодого фахівця віднесено показники уваги, показники мислення, показники пам'яті, емоційна

стійкість, працездатність, самостійність в прийнятті рішень, професійна комунікабельність.

До другої групи факторів віднесено наявність в авіакомпанії чіткої методики з адаптації молодих співробітників, а також досвідченого фахівця, який виступає в ролі наставника. Компанії, які правильно керують процесом адаптації, створюють умови для побудови та підтримки належних міжособистісних стосунків у робочому середовищі в результаті отримують працівника здатного ефективно виконувати професійні обов'язки на високому рівні і успішно взаємодіяти з колегами при цьому.

При визначенні факторів успішності професійної адаптації експерти в групу професійних факторів рекомендували включити вміння вибору першочергової інформації при отриманні дозволу на виконання польотів, таке вміння дуже важливе в період зміни сезонів навігації, що призводить до інформаційного перенавантаження диспетчерів.

В ході аналізу результатів опитування експертів виокремлено критерії відбору першочергової інформації для отримання дозволу на виконання польотів: дата польоту, запитувана країна, режим роботи САА; обмеження на терміни подачі заявки; необхідність подачі додаткової інформації: інформація про пасажирів; бронь в готелі; трансфер; мета прибуття і т.д.; заборгованість по аеронавігаційним зборам; особливості за типами повітряних суден.

Висновки. Етап професійної адаптації молодих авіафахівців є критичним для їхньої подальшої успішної діяльності, оскільки від нього часто залежить подальший розвиток професійної кар'єри. Якісна адаптація визначає ефективність диспетчера із ЗП на робочому місці, в той час як її відсутність може призвести до незадоволеності та зниження продуктивності або взагалі до звільнення. Тому безсумнівно, що визначені групи факторів успішності професійної адаптації будуть сприяти проходженню адаптації. Для визначення факторів проведено аналіз наукових джерел інформації щодо професійної адаптації та використано результати опитування експертів. Визначені фактори будуть включені до розроблюваної моделі професійної адаптації диспетчерів із ЗП при виконанні завдань планування польотів. Подальші напрями пов'язані з дослідженням методів та підходів до процесу адаптації на робочому місці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клочко А. М. Професійна адаптація працівників правоохоронних органів: труднощі, механізми й чинники пристосування. *Теорія та методика навчання та виховання*. 2012. Вип. 31. С. 89–97.

2. Прібиткова Н. О., Олійник І. О. Проблема адаптації молодих спеціалістів до служби в лавах Національної поліції України : наук.-метод. рек., МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Наук.-дослід. лабораторія з проблем протидії злочинності. Харків: ХНУВС, 2016. 56 с.

3. Миронова О. М. Основні проблеми адаптації персоналу та методи їх вирішення на підприємствах. *Економіка та суспільство*. 2017. №13. С.602–608.

4. Gajda J. Professional Adaptation of New Employees to the Organization. *System Safety Human - Technical Facility – Environment.* CzOTO 1(1), 2019. P. 929-938. DOI:10.2478/czoto-2019-0118.

5. Rudolph C. W., Lavigne K. N., Zacher H. Career adaptability: A meta-analysis of relationships with measures of adaptivity, adapting, responses, and adaptation results. *J. Vocat. Behav.* 2017;98:17–34. doi: 10.1016/j.jvb.2016.09.002.

6. Концепція державної системи професійної орієнтації населення: Постанова Кабінету Міністрів України №842 від 17 вересня 2008 р.

7. Суркова К. В., Ломакіна М. Є. Аспекти професійної адаптації диспетчерів із забезпечення польотів. *Авіація, промисловість, суспільство*. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції КЛК ХНУВС (Кременчук, 12 травня 2021). Кременчук: КЛК ХНУВС, 2021. С.249-250.

СЕКЦІЯ:

КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА Й ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

SECTION:

CONTROL, DIAGNOSTICS AND DECISION-MAKING IN MANAGING MOVING OBJECTS

УДК 621.436:629.128.6

NOx POLLUTION AND SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION (SCR) REACTORS FOR SHIPS

Maulevych V., Varbanets R., Kyrylash O., Gubin V.
Odesa National Maritime University

Abstract. NOx pollution occurs when nitrogen oxides are released as a gas into the atmosphere during the high-temperature combustion of fossil fuels. These nitrogen oxides consist mainly of two molecules, nitric oxide (NO) and nitrogen dioxide (NO2) along with a few others that occur in much lower concentrations. These molecules- Nitrous oxides are a significant greenhouse gas that plays an important role in Global Climate Change. Nitrogen oxides form when oxygen and nitrogen from the air interact during a high-temperature combustion event. These conditions occur in Internal Combustion Engines and fossil fuel-powered electricity plants. NOx gases play an important role in the formation of smog. When exposed to the UV rays in sunlight, NOx molecules break apart and form ozone (O3). The problem is made worse by the presence of volatile organic compounds (VOC) in the atmosphere, which also interacts with NOx to form dangerous molecules. Ozone at the ground level is a serious pollutant, unlike the protective ozone layer much higher up in the stratosphere. In the presence of rain, nitrogen oxides form nitric acid, contributing to the problem of acid rain. Nitrogen oxides, nitric acid, and ozone can all readily enter the lungs, where they create serious damage to delicate lung tissue. Even short-term exposure can irritate the lungs of healthy people. For those with medical conditions like asthma, just a short time spent breathing these pollutants have proved to be fatal. This air pollution can lead to respiratory diseases such as emphysema and bronchitis. NOx pollution can also worsen asthma and heart disease and is associated with elevated risks of premature death. Theses consider countermeasures against these harmful consequences of the operation of marine internal combustion engines.

The International Shipping Industry is facing an increasingly tight regulatory environment, especially in terms of limits imposed upon emissions to air. And with the entry into force of the International Marine Organization's (IMO) NOx Tier III limits on January 1st 2016, a part of MARPOL Annex VI, the regulations governing marine emissions became significantly tougher and stringent to follow [1]. As per MARPOL Annex VI, Regulation 13-Nitrogen Oxides (NOx), the Nitrogen oxides from diesel engines on board are to be controlled as follows.

	For engines rpm<130	For engines rpm between 130-2000	For engines rpm >2000	Applicable Period
TIER I	17.0gr/KWhr	45.0*n(-0.2)gr/KWhr	9.8gr/KWhr	Ships constructed from 1st Jan 2000 to 1st Jan 2011
TIER II	14.4gr/KWhr	44.0*n(-0.23)gr/KWhr	7.7gr/KWhr	Ships constructed from 1st Jan 2011
TIER III	3.4gr/KWhr	9.0*n(-0.2)gr/KWhr	2.0 gr/KWhr	Ships constructed after 1st Jan 2016 in NOx ECA

The NOx emission limits are set for diesel engines depending on the engine maximum operating speed (rpm), as shown in the above table, Tier I and Tier II limits are global, while the Tier III standards apply only in NOx Emission Control Areas. There are two exceptions – engines used solely for emergencies and engines on ships operating solely within the waters of the state in which they are flagged. The latter exception only applies if these engines are subject to an alternative NOx control measure [2].

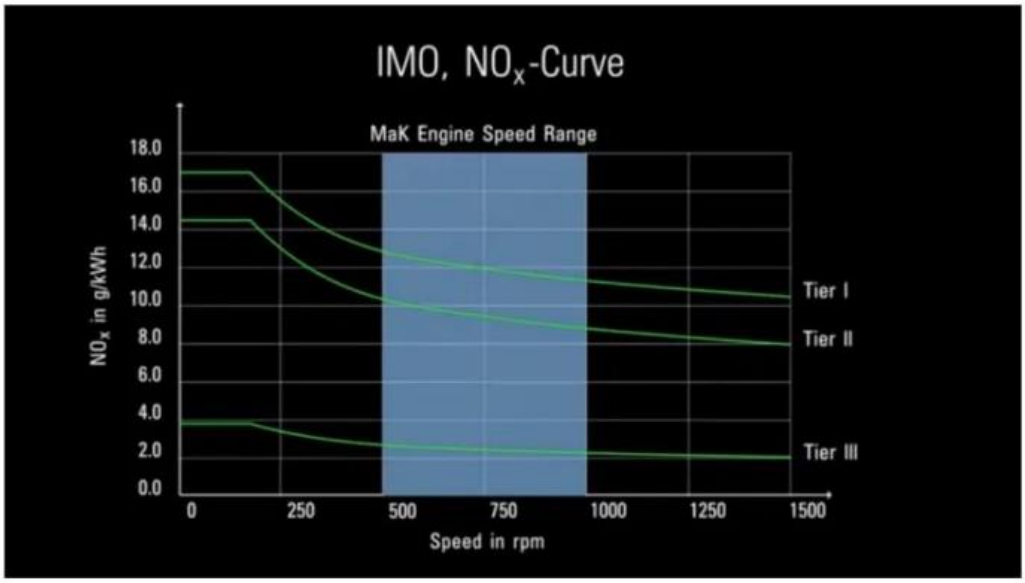
Emission Control Areas must comply with NOx "Tier III" emission limits which means that they must emit 80 % less nitrous oxides than a "Tier I" complaint engine. Under these regulations, ships which are keel-laid after January 1st 2016 and operating in the United States/Canadian Emission Control Areas(ECAs) must comply with the new emission limits.

These emission limits are applicable for engines with an output power of more than 130 kW installed on ships with more than 5,000GT Tier III standards are expected to require dedicated NOx emission control technologies. These mainly consist of two options:

1) Using Liquified Natural Gas (LNG) as a fuel in engines, using lean burn technology, e.g. Win GD Engines-Winterthur Gas & Diesel Ltd. which burn LNG in their combustion chambers using a Low-Pressure LNG gas injection system for the reduction in NOx emissions.

2) Use of abatement technology such as various forms of water induction into the combustion process (with fuel, scavenging air (in-take air humidification), or incylinder), exhaust gas recirculation, or selective catalytic reduction.

This article throws light upon Selective Catalytic Reduction Reactors on Ships, it's types, their basic working principle, components, its benefits, advantages and disadvantages [3].



Selective Catalytic Reduction is a means of converting nitrous oxides in the exhaust with the help of a catalyst into diatomic nitrogen and water. A reductant Anhydrous Ammonia (NH3), Aqueous Ammonia (Ammonium Hydroxide) or Urea (Carbamide) solution is added to a stream of exhaust gas and is adsorbed onto a catalyst. Carbon Dioxide (CO2) is a reaction product when urea is used as the reductant [2].

The chemical equation for the reaction using either anhydrous aqueous ammonia for the process is

$$4NO + 4NH3 + O2 = 4N2 + 6H2O$$

$$2NO2 + 4NH3 + O2 = 3N2 + 6H2O$$

$$NO + NO2 + 2NH3 = 2N2 + 3H2O$$

The reaction for urea instead of anhydrous or aqueous ammonia is 4NO + 2(NH2)2CO + O2 = 4N2 + 4H2O + 2CO2 (in presence of catalyst)

This exhaust gas after-treatment technology has a NOx abatement capability of more than 80 %.

The SCR concept involves injecting a Urea-Water solution into the exhaust gas stream in combination with a special catalyst unit. The SCR is considered as an additional and independent exhaust treatment system and as such does not interfere with the basic engine design or combustion process.

The process diagram below gives a better understanding of the SCR system wherein the urea interacts with nitrous oxides present in the incoming exhaust gas, in the presence of a catalyst, converting it into free nitrogen and water vapour.

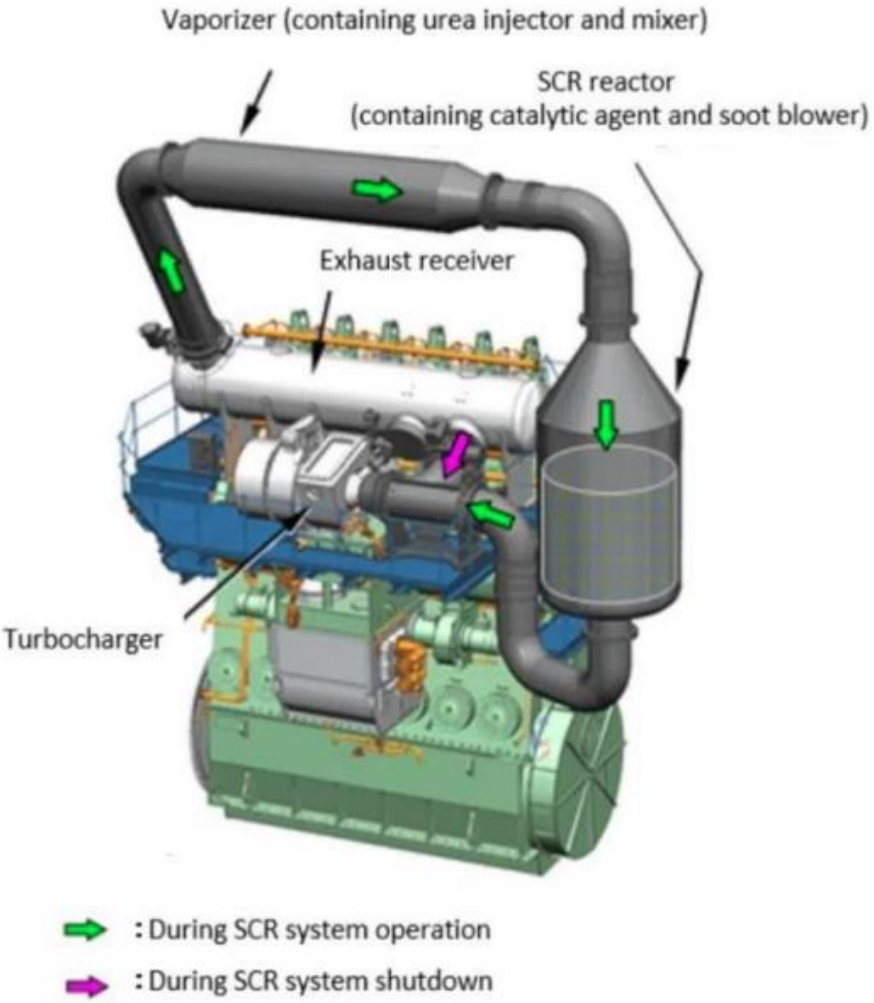
The Maritime Environmental Protection Committee (MEPC) At The IMO has published guidelines for the certification of selective catalytic reduction (SCR) systems, referred to the "SCR Guideline", namely IMO Resolution MEPC.198(62).

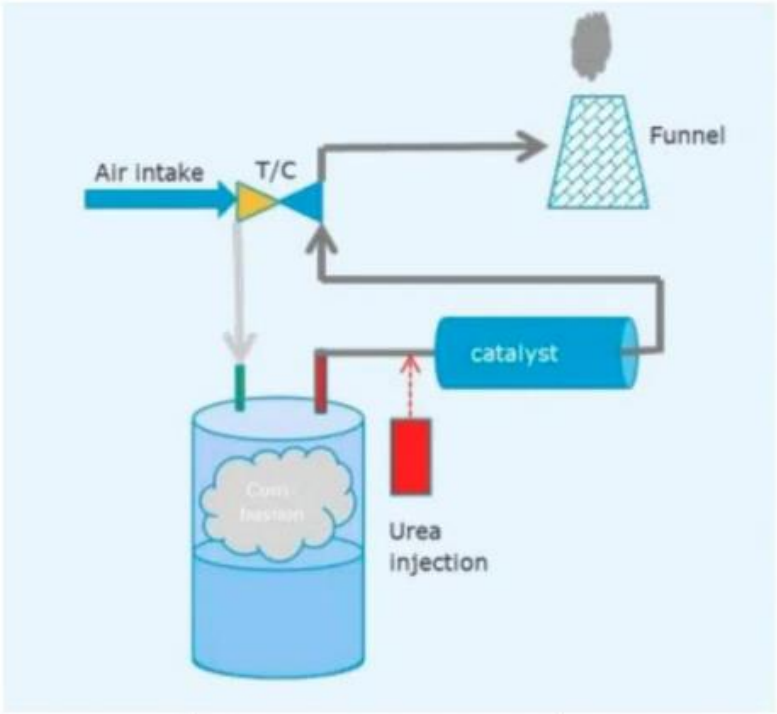
According to their configurations, SCRs can Be Classified into 2 Types: they can be either installed between The Exhaust Gas Manifold & The Turbocharger or between The Turbocharger and The Exhaust Gas Boiler.

1) High-Pressure SCR

In the High-Pressure SCR, the reactor is placed before the turbocharger. A sufficient exhaust gas temperature is to be maintained between 300 to 400 deg Celsius, which might be challenging when the engine is running at low loads and manoeuvring. Therefore, for two-stroke engines, the most likely location of the SCR unit is before the turbocharger in order to expand the active range of SCR operation. This has little to no effect on the engine combustion process [5].

It is possible to run high-pressure SCRs on Heavy Fuel Oil.

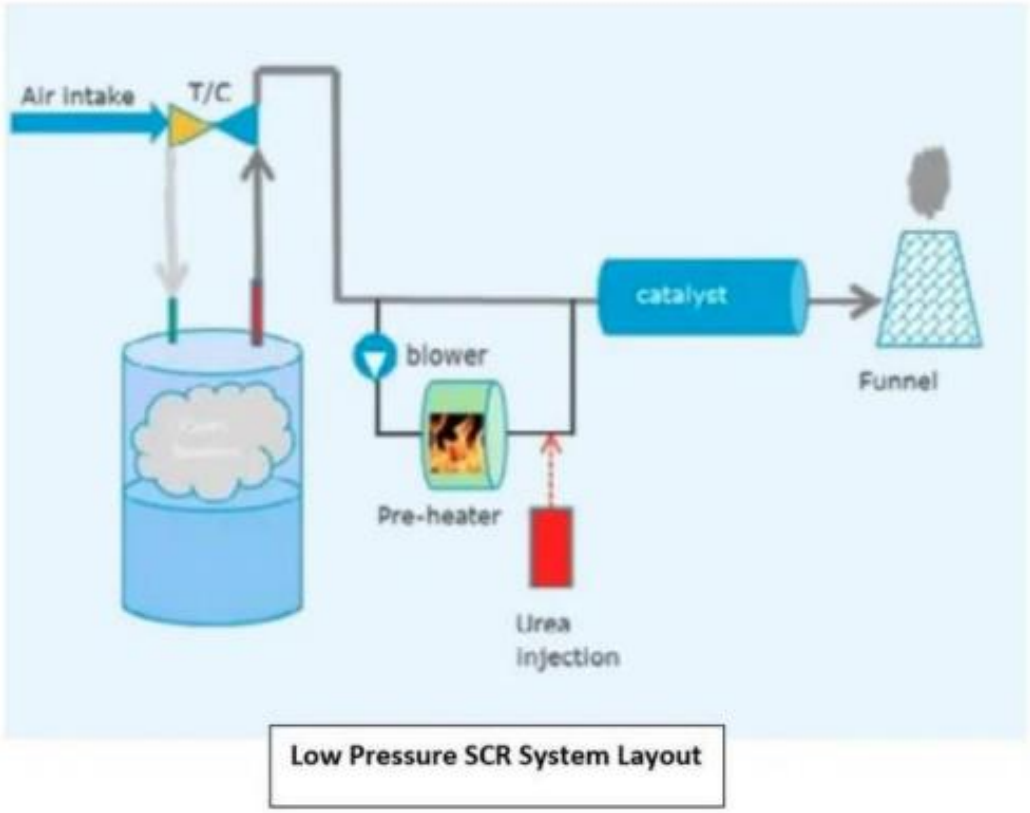




High Pressure SCR System Layout

2) ***Low-Pressure SCR***

In Low-Pressure SCRs, the reactor is placed after the turbine. Pre-heating of the exhaust gas stream may be necessary in order to achieve a sufficient temperature at the reactor inlet for the catalytic reaction. Some power generation may be needed for preheating.



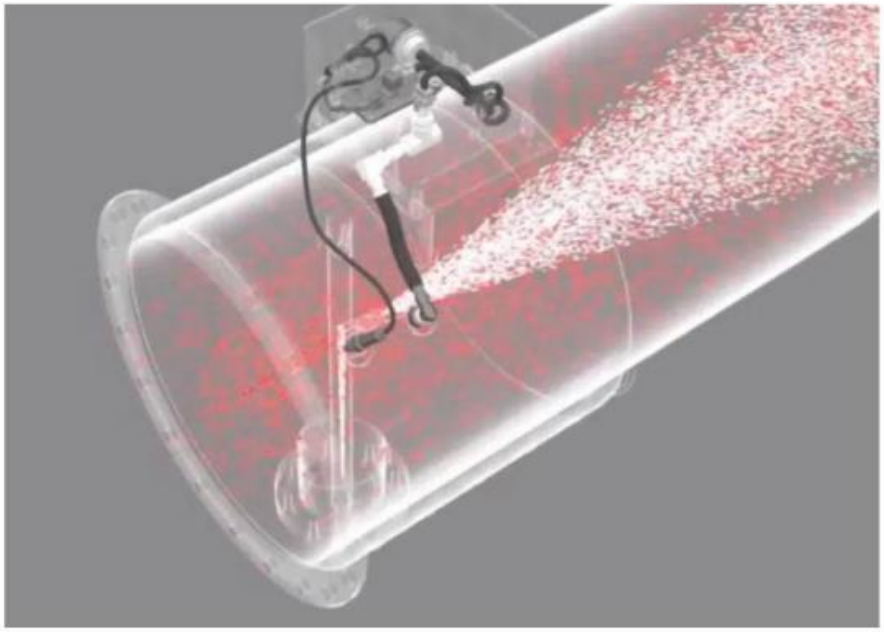
Components of an SCR

Dosing Unit

The dosing unit consists of a compact external dosing system having a urea-water solution tank. The tank size depends upon how often the vessel enters NOx Tier III areas and how often the SCR is put in use. Urea Tank capacities range from 4 to 10 cub metres/MW for larger engines. The area for marine use is usually dissolved in water having a concentration of 32 %–40 %. Urea is a non-toxic odourless solution considered safe to transport and store at ambient temperature & pressure. However special caution is required in winter temperatures in order to avoid crystallization. The dosing handling system provides the reducing agent (urea solution) based on the dosing demand signal provided by the SCR and Engine control and monitoring system.

Vaporizer/ Mixing Unit

The urea from the dosing system is metered and injected into the vaporizer or mixing unit. The injected reducing agent (urea) will vaporise and mix with the incoming exhaust gas. The mixing unit is in line with the exhaust manifold of the engine and its pipes are designed & constructed after complex flow calculations & intensive testing, to ensure a good mixture of the urea solution & hot exhaust gases. The mixing unit is usually 2 to 6 meters long and 500mm in diameter, however, size may vary as per Engine size. Injection tubes from the dosing unit penetrate the vaporizer from the bottom, the top of the vaporizer is equipped with an electronic enclosure having a NOx measurement sensor to monitor nitrous oxides in the exhaust gas and Backpressure sensor.



SCR Reactor Chamber

This is where the conversion of NOx in exhaust gas into nitrogen and water takes place in the presence of catalyst material. The SCR reactor contains cassettes of the catalyst substrate material. The substrate elements work in limited temperatures, if exhaust gas temperature is too high, the elements get destroyed. If the temperature is too low, SCR efficiency is reduced. Catalyst element contains Vanadium Pentoxide (V2O5) which helps the reaction process of converting the urea and exhaust gas into nitrogen and water vapour. The SCR reactor volume is usually 1.5–3 cub metres/MW installed power.

Fuel Oil Quality and SCR technology

The sulphur content in fuel oil and consequent SO2 concentration in the exhaust gas is a critical parameter which has to be observed while operating SCR systems. Urea temperature is to be controlled according to sulphur content in fuel. A high sulphur content in presence of a low exhaust gas temperature (in case of manoeuvring) will require a higher temperature of urea solution to be injected as a condensation of exhaust gas could result in corrosion and catalyst substrate damage. A lesser content of sulphur in fuel will allow a lesser temperature of urea solution to be injected. Condensation of water vapour in the presence of sulphur in the exhaust gas during low load operations can cause the formation of solid ammonium bisulphate. Thus, the exhaust inlet temperature is to be kept high enough to avoid condensation of ammonium bisulphate onto catalyst substrate elements. Condensation would severely affect NOx reduction performance and cause clogging, increasing backpressure due to soot formation in the reactor.

Soot Blowing Unit

To prevent contamination of the reactor elements, a soot blowing system is installed. Soot blowing is done using compressed air of 7 bar.

SCR Control Sensor Unit

NOx sensors measure the NOx concentration before the SCR reactor and the turbocharger. The reactor chamber also contains outlet NOx sensors and outlet temperature sensors.

Venting System

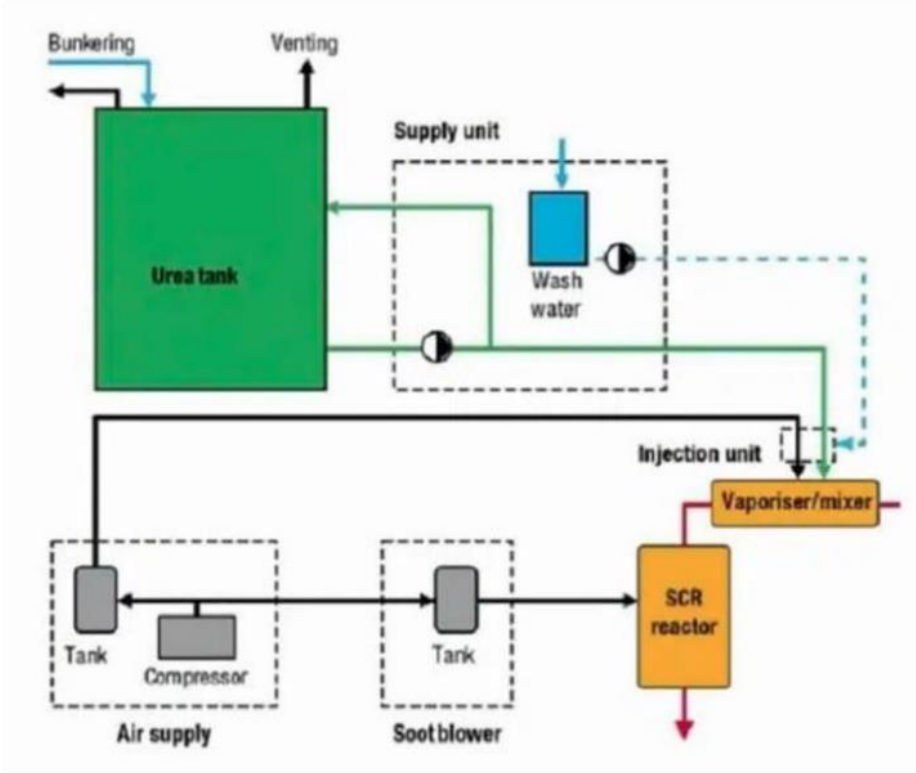
The venting system vents the SCR reactor when the SCR is bypassed (i.e. when the engine is running in Tier-II mode) to avoid exhaust gas accumulation and soot formation in the reactor. The reactor is vented with Fresh Air during Tier II operation. The Reactor Sealing Valve is used to seal the reactor during venting when the SCR is not in use. Reactor Throttling Valve is located at the outlet of the reactor. Reactor Bypass Valve is used to bypass the reactor for NOx Tier II operation or failure of the SCR. The Cylinder Bypass Valve can be used while the engine runs at partial loads to bypass scavenge air towards the turbocharger to increase exhaust gas temperature. The Cut-In Cut-Out settings of Auxiliary blowers are set slightly differently in case of engines fitted with SCRs. While cutting-in of auxiliary blowers at the time of reducing load, a slight delay is introduced so as to avoid a sudden drop in exhaust temperature. Similarly, while cutting-out the auxiliary blowers, when engine load increases, the exhaust temperature tends to increase suddenly, to prevent this- the Cylinder Bypass Valve (CBV) opens first to gradually increase temperature, then the blowers cut out and the CBV later closes as per engine load.

Pros & Cons Of The SCR

To assure continuous NOx removal and avoid clogging, special considerations have to be observed with regard to exhaust temperatures.

Pros

- Tier III NOx compliance is achievable.
- Very efficient NOx removal for most engine loads (60–90%)
- SCRs have a widely growing reference base with over 300 installations **Cons**
- Rather investment intensive
- Limited NOx removal at low engine loads
- In comparison to other solutions for NOx Tier III emissions, the use of urea requires the installation of urea tanks which may have to be replenished often (a costly affair)
- Can result in excess consumption of fuel (about 1%)
- Additional cost of Urea in ECA areas.



Maintenance

● Replacing NOx sensors- sensor life is approx. 2000 hours

● Replacing the substrate catalyst elements in the SCR reactor (Lifetime-approx. 1000 hours) The lifetime of the catalyst elements strongly depends upon the sulphur content of the fuel. For NOx Tier III compliance, NOx efficiency is to verified once a year. If NOx efficiency reduction < 70 % all catalyst elements must be renewed as per manufacturer's instructions.

● The Soot Blower consists of a compressed air bottle, soot blower diaphragm valves and pressure switches. All pressure hoses are to be checked and diaphragm valves to be maintained.

● The Dosing Unit consists of a urea solution tank, liquid filters, dosing pumps, nozzle assemblies, flowmeters, valves and pressure switches. Weekly maintenance includes cleaning of filters, monthly includes inspection of injectors. Proper inspection and working of all individual components are to be checked every 6 months.

Benefits For The Ship Owner/Operator

Installing NOx Tier III-compliant technology has been beneficial beyond just achieving compliance with emissions regulations. Demonstrating a company's commitment to ensuring sustainable operations has become increasingly important. Some additional advantages include direct financial benefits, as major ports offer substantial discounts in harbour fees. One frequently used performance indicator for the environmental impact of shipping is the Environmental Shipping Index (ESI), which is used by major ports to calculate harbour fees. Installing Tier III-compliant technology, instead of Tier II-compliant technology, adds approximately five points on the ESI scale [4].

For example, the following reductions in harbour fees for operating on Tier III are given by these ports:

Los Angeles: $2,500 per call (ESI higher than 50)

Hamburg: €1,500 per call (ESI higher than 50)

Rotterdam: 20 % reduction for Tier III

Antwerp: 10 % ESI higher than 31

REFERENCES

1. https://www.man-es.com/services/new-service-solutions/retrofit-upgrade/makesustainability-profitable

2.https://www.offshore-energy.biz/man-es-worlds-1st-scr-for-ammonia-engine-tested/

3.https://www.ammoniaenergy.org/articles/selective-catalytic-reduction-for-marineammonia-engines/.

4. https://dieselnet.com/tech/cat_scr.php.

5. https://www.man-es.com/company/press-releases/press-details/2023/11/20/new-projectaims-to-significantly-reduce-four-stroke-methane-slip Маулевич Владислав Олегович к.т.н., доцент кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету. ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5527-2949; vladyslavmaulevych@gmail.com. Варбанець Роман Анатолійович д.т.н., професор, завідувач кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету; консультант IMES GmbH (Kaufbeuren, Germany). ORCID: http://orcid.org/0000- 0001-6730-0380; roman.varbanets@gmail.com. Кирилаш Олена Іванівна к.т.н., доцент кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету. ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2949-3577; kirilashelena@gmail.com.

UDC 004.942

APPROACHES TO USING QUADCOPTERS FOR SHIP ESCORTING TO AVOID PROBABLE COLLISIONS

Onyshko D., Nosov P., Zinchenko S., Mateichuk V., Kyrychenko K.
Kherson State Maritime Academy

Introduction. Navigation of maritime vessels is a complex process that demands high precision and reliability, especially in hazardous waters. Incorrectly determined coordinates can lead to serious consequences, such as collisions with other ships, grounding on reefs or shallow waters, which not only poses a threat to the life of the crew and passengers but can also lead to ecological disasters and significant financial losses [1, 2].

The problems with traditional navigation systems include:

1. Data ambiguity: Systems such as ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) and marine radars are foundational for modern navigation, but they are not always capable of providing the necessary accuracy under complex conditions. Errors may arise due to many factors, including limitations in equipment accuracy, delays in data updates, and errors in operator data interpretation.

2. Dynamic changes in conditions: The marine environment is constantly changing, and static chart data can't always reflect the current situation, especially in waters with rapidly changing weather conditions or near coastlines where unforeseen obstacles may arise.

3. Technological limitations: While ECDIS provides comprehensive visualization of navigational information, the system may have technical limitations such as insufficient integration with other navigation systems or a lack of capability to promptly process changes in data about potential threats.

4. Human factor dependency: Despite automation, the final decision often depends on the captain and crew, who may not always be able to adequately assess all risks due to data representation deficiencies [3, 4].

These issues highlight the need to integrate cutting-edge technologies to enhance the accuracy and reliability of maritime navigation, especially in hard-to-access and dangerous waters, paving the way for innovative solutions like the use of quadcopters for high-precision monitoring and measurements.

Identifying potential hazards for maritime vessels

1. Shallow waters: The most common hazard for maritime vessels, especially in coastal areas and places with complex seabed topography. Shallow waters may not be adequately marked on marine charts or may change over time due to natural processes such as soil displacement or sediment accumulation.

2. Other vessels: The risk of collision with other vessels is high in popular trade routes or in areas of intensive fishing. This problem is exacerbated in conditions of poor visibility, such as in fog or heavy rain.

3. Artificial structures: Bridges, wind farms, oil and gas platforms pose serious hazards for navigation. These objects are often located in areas that are difficult to navigate and require vessels to pay special attention and precision when passing nearby.

Limitations of existing navigation systems

1. Outdated data: The navigation charts used by ECDIS may not be updated or may contain errors. This becomes critical when a vessel relies on this data while planning a route in unknown or complex waters [5].

2. Equipment technical limitations: Radars and other navigation devices may have limited range or may not be able to accurately detect small or distant objects. This can complicate the identification of potential threats with enough lead time to maneuver safely.

3. Weather condition dependence: Navigation systems can be highly vulnerable to weather conditions. For example, poor visibility can significantly reduce the effectiveness of radars and optical systems, and strong winds and waves can affect GPS accuracy.

4. Human factor: Errors in interpreting the data provided by ECDIS and other systems can lead to incorrect decisions. Even with modern technologies, human error remains a significant risk.

Technological solution proposals for configuring quadcopters

Quadcopters [6], proposed for use in maritime navigation will be equipped with several key technological components

1. Infrared camera: Provides high-quality imaging at night or in conditions of poor visibility. This allows the identification and tracking of dangerous objects or vessels at significant distances, even in the absence of visible light.

2. Laser distance measurement (LIDAR): Used for precise distance measurements between the quadcopter and objects in the water or on its surface. Laser scanning allows creating a three-dimensional map of the object, providing accurate data for analysis.

Interaction of quadcopters and integration with ECDIS

1. Autonomous coordination: Quadcopters will be able to autonomously coordinate their flights according to set safety parameters and optimal trajectories. They will be positioned at strategically important points around the vessel to ensure complete coverage of the surrounding space.

2. Application of artificial intelligence for data analysis: Artificial intelligence (AI) on each drone will process the collected data in real-time, detecting potential threats and calculating possible collision scenarios. This allows the system to quickly respond to changing conditions and relay important information to the ship's captain.

3. Communication with ECDIS: Data from quadcopters will be transmitted to the onboard computer of the vessel and integrated with ECDIS. This will allow for dynamic updating of navigation charts and information, enhancing their accuracy and relevance. The captain will receive a visual representation of the situation around the vessel, including distances to potential hazards and their movement.

Practical implementation and monitoring of quadcopter operations

During critical maneuvers or in conditions of poor visibility, quadcopters will be deployed from a base station located on the vessel and will accompany it, sending data to the onboard computer of the vessel in real-time. This will provide the captain and crew of the vessel with high-precision information, allowing them to take appropriate measures to avoid collisions and other dangers.

Development and testing of the prototype

1. Design: Development of the technical design of quadcopters, with a special focus on maritime durability, waterproofing, and the ability to withstand strong winds and salty air. It is important to consider the need for long flight time and quick charging.

2. Manufacture of the prototype: Ordering components and assembling the first prototype taking into account all necessary sensors and communication systems.

3. Laboratory tests: Testing of the main functions in a controlled environment, including piloting, stability, data transmission, and sensor accuracy.

4. Field tests: Conducting field tests at sea to evaluate the system's performance in real conditions. This includes testing the interaction with maritime navigation systems, battery endurance, and the quadcopter's ability to perform tasks in various weather conditions.

Scenarios for using quadcopters in different maritime conditions

1. In hazardous waters: Using drones to monitor shallow waters, mooring operations, and passage through narrow straits.

2. In conditions of poor visibility: Drones can provide critically important visual information in fog or heavy rain, where traditional navigation systems may be limited.

3. In interactions with other vessels: Providing additional safety during maneuvering or mooring in port, especially for large vessels that are difficult to maneuver.

Plan for integrating the system with existing ship navigation systems

1. Collaboration with ECDIS manufacturers: Work with leading navigation system manufacturers to ensure compatibility and integration of drone data in real-time.

2. Development of a management interface: Creating an intuitive interface for captains that integrates with existing navigation consoles, providing easy access to data from drones.

3. Training operators and crew: Developing training programs for captains and ship crews to teach them to effectively use the new system and understand the data it provides.

Improving safety, accuracy, and timeliness of navigation

1. Increased safety: Using quadcopters to monitor the environment around the vessel significantly enhances the level of safety, reducing the risk of collision with other objects and navigation errors. Additional sensors, such as the infrared camera and LIDAR, allow for more accurate data about the environment, even in conditions of poor visibility.

2. Increased accuracy: Laser distance measurement provides high-precision data, allowing the ship's captain to make decisions about maneuvering with greater confidence. This is particularly important in complex navigation conditions, such as narrow channels or crowded maritime routes.

3. Increased timeliness: The rapid transmission of data from drones to the vessel and their integration with the ECDIS system allows for prompt responses to changes in conditions and potential threats. This enables the crew to adapt to the situation more quickly and take corrective actions if necessary.

Economic aspects of implementation

1. Reduced insurance costs: With fewer incidents and increased overall safety, insurance companies may review the insurance rates for vessels using this technology. Reducing risk can lead to a significant decrease in premiums.

2. Reduced costs for ship repairs: With fewer collisions and other accidents, the costs for ship repairs are significantly reduced. This not only saves money but also preserves the company's resources that can be directed towards other needs.

3. Operational efficiency: Reducing downtime due to technical and emergency repairs increases the overall productivity of the fleet. More reliable and accurate navigation systems help avoid delays associated with unexpected navigation errors, positively impacting departure and arrival schedules.

Technical and operational challenges

1. Endurance and reliability: Quadcopters must be designed to withstand the harsh conditions of the marine environment, including high humidity, salt, and wind. This requires the use of specialized materials and technologies, which may increase production costs.

2. Limited range and flight time: The flight time and range of quadcopters are limited by their battery. For effective operation in maritime conditions, sufficient flight time must be ensured so that drones can monitor at significant distances from the vessel.

3. Drone management: Coordination and control of multiple drones in a dynamic and often changing marine environment require complex management algorithms and communication. Ensuring stable and reliable communication between drones and the vessel is critically important.

Legal and regulatory aspects

1. Regulatory requirements: Introducing drones into the maritime industry may face regulatory hurdles related to flight safety, privacy, and the use of airspace. It is necessary to determine what rules and standards will regulate the use of drones over water.

2. International legislation: Maritime transport often takes place in international waters or through the territorial waters of several countries. The introduction of drones may require consent or coordination with various international bodies and authorities.

3. Standardization: To ensure compatibility and integration with existing systems, such as ECDIS, standards for the technical specifications and data formats of drones need to be developed. This requires international cooperation and the establishment of universally accepted norms.

These challenges require careful planning and coordination with many stakeholders, including equipment manufacturers, maritime regulatory agencies, and international organizations. It is also important to consider the potential for ongoing innovation and improvement of the technology so that it can adapt to changing conditions and requirements of the maritime industry.

Conclusions. The use of quadcopters in maritime navigation is an innovative way to monitor the surrounding marine environment and traffic [7,8]. This technology offers a significant increase in safety by providing accurate and timely information about potential hazards, allowing ship captains to make more informed and balanced decisions [9]. The precision with which distances to objects and other parameters can be measured can significantly reduce the number of navigation errors and, accordingly, accidents in maritime transport.

It should be noted that the proposed approach requires the development of advanced management algorithms for coordinating the work of multiple drones, ensuring their effective interaction with ship systems, and analyzing the data obtained.

REFERENCES

1. Solovey, O., Ben, A., Dudchenko, S., Nosov, P. (2020). Development of control model for loading operations on Heavy Lift vessels based on inverse algorithm. Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 5/2 (107), 48–56. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214856.

2. Hagen, Inger & Knutsen, Karen & Johansen, Tor & Brekke, Edmund. (2024). Exploration of COLREG-relevant parameters from historical AIS-data. Journal of Navigation. 1-19. https://doi.org/10.1017/S0373463324000109.

3. Ihor Popovych, Ihor Halian, Olena halian, Pavlo Nosov, Serhii Zinchenko, Vitalii Panok. Research on personality determinants of athletes' mental exhaustion during the ongoing COVID-19 pandemic. Journal of Physical Education and Sport, 2021, 21(4), p. 1769–1780. https://doi.org/10.7752/JPES.2021.04224.

4. Носов П. С., Тонконогий В. М., Яковенко О. Є. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента // Тр. Одес. политехн. ун–та. Одесса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006. – С. 118–122.

5. Zhang, Mingyang & Zhang, Xinyu & Fu, Shanshan & Dai, Lei & Yu, Qing. (2024). Recent Developments and Knowledge in Intelligent and Safe Marine Navigation. ISBN: 978-3-03928-624-9.

6. Safarov, Tural. (2023). Matlab sımulatıon of quadcopter dynamıcs and PID attıtude controller. Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology. 18. 82–91. https://doi.org/10.47577/technium.v18i.10308.

7. Zinchenko S. M., Nosov P. S., Popovych I. S. Control redundancy as a quantitative measure of maneuverability // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 3(21). С. 23–35.

8. Zinchenko S. M., Ben A. P., Nosov P. S., Mamenko P. P., Mateichuk V. M. Improving the Accuracy and Reliability of Automatic Vessel Motion Control Systems // Materials of the XII International Scientific and Practical Conference "Advanced Information and Innovative Technologies for Transport (MINTT – 2020), May 27–29, 2020, Kherson p. 54–58.

9. Nosov, P. S., Popovych, I. S., Cherniavskyi, V. V., Zinchenko, S. M., Prokopchuk, Y. A., & Makarchuk, D. V. (2020). AUTOMATED IDENTIFICATION OF AN OPERATOR ANTICIPATION ON MARINE TRANSPORT. Radio Electronics, Computer Science, Control, (3), 158–172. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-15.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ НА ПРОЕКТНИЙ ІНДЕКС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУДЕН

Безбах О. М., Безуглова І. В., Кириченко К. В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Сучасні виклики, пов'язані зі станом довкілля, складним та заплутаним законодавством, а також нестабільними цінами на пальне, змушують судноплавну галузь у сучасних умовах шукати шляхи скорочення витрат та покращення екологічних показників. Зменшення споживання палива усіма суднами стає ключовим фактором у цьому прагненні. З точки зору міжнародного права та економічної доцільності, судноплавна галузь має вживати заходів для суттєвої економії енергії та максимально раціонального використання суднового палива. Наразі існує ряд ефективних практик та технологічних рішень, які сприяють енергоефективній експлуатації суден.

Проте, вибір оптимальної стратегії та постійний моніторинг її дотримання під час рейсів залишаються складними завданнями для судноводіїв. Навіть за умови ретельної підготовки та вибору оптимального маршруту, реальна економія палива може суттєво відрізнятися від прогнозованої через мінливі погодні умови, стан моря та інші непередбачувані фактори. Отже, сучасна судноплавна галузь потребує нових підходів до оптимізації енергоспоживання та економії палива. Поєднання кращих практик, інноваційних технологій та ефективного моніторингу може допомогти здолати виклики, пов'язані зі змінними умовами експлуатації, та досягти значних покращень у сфері енергоефективності.

Для комплексної оцінки заходів у сфері енергоефективності у сучасних умовах застосовується EEDI (Energy Efficiency Design Index). Саме цей показник використовується як проектний (оціночний) індекс енергоефективності суден. Він ґрунтується на складній формулі, яка враховує викиди CO_2, місткість та швидкість судна тощо. Чим нижчий EEDI судна, тим більш енергоефективним воно є і тим менший його негативний вплив на довкілля. Правила Міжнародної морської організації (IMO) передбачають, що судна повинні відповідати мінімальним вимогам до енергоефективності, тому їх EEDI не повинні перевищувати заданий поріг [1]. Ці вимоги поступово посилюються з часом, щоб стимулювати розробку та впровадження більш екологічно нейтральних технологій у сучасному судноплавстві.

Наприклад, розрахований на стадії проектування судна, EEDI застосовується для оцінки енергоефективності судна на ранніх стадіях його розробки. Це дозволяє суднобудівникам та власникам суден вносити необхідні зміни в конструкцію, щоб зменшити EEDI судна вже на стадіях проектування. Врахування викидів CO_2 у EEDI ґрунтується на відповідних розрахунках для судна упродовж його експлуатаційного періоду. Це робить EEDI більш комплексним показником енергоефективності, ніж просто статистичні дані щодо споживання палива. IMO використовує EEDI як базове підґрунтя власних Правил енергоефективності суден. Згідно з вимогами IMO судна, які не відповідають цим правилам, не допускаються до експлуатування. Саме тому EEDI стимулює розробку та впровадження нових технологій, які можуть зменшити споживання палива та викиди CO_2 суден. EEDI є важливим інструментом для зниження негативного впливу інтенсифікованого судноплавства на довкілля, покращуючи енергоефективність суден та зменшуючи викиди CO_2, що сприяє збереженню водного середовища [1].

Актуальність дослідження. Оптимальна експлуатація суднового авторульового чинить безпосередній вплив на досягнення прийнятного проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI). Отже, дослідження запропоноване авторами даних тез,

є актуальним. Відомо, що рухи стерна судна створюють додатковий опір корпусу і збільшують його загальний опір. Зменшення частоти застосування стерна і величин кута його відхилення від діаметральної площини для утримання заданого курсу чинить безпосередній вплив на економію палива.

Авторульовий судна є сучасним автоматизованим засобом судноводіння, зменшуючи дистанцію плавання в результаті зменшення рухів стерна і, таким чином, зниження опору судна, а також зменшуючи витрати енергії для підтримання заданого курсу. Типові авторульові застосовують прості співвідношеннях між кутом повороту стерна і швидкістю зміни курсу. Вони оптимальні для суден з більш класичними формами корпусу і невеликими кутами повороту. Однак, якщо судно піддається значній динаміці, спричиненій впливом вітру, хвиль і течії, можуть знадобитися великі кути повороту стерна [2].

Крім того, зміни осадки, швидкості і глибини під кілем можуть змінити співвідношення між кутом відхилення стерна та швидкістю повороту судна. Адаптивні системи авторульових мають різні особливості, такі як висока точність бажаного маршруту, дії стерна за короткий час з меншими кутами, зменшення рискання судна навіть при сильних хвилях і вітрах тощо. Хоча для адаптивних систем авторульових ці впливи менш критичні через їх власні здатності автоматично підлаштовуватися під погодні умови і завантаження суден [2]. У цілому, ефективна експлуатація будь-якого сучасного суднового авторульового шляхом регулювання відхилення стерна для компенсації впливу вітрів, хвиль, течій, змін власної швидкості, диференту, осадки, глибин під кілем тощо, має значний вплив на економію палива судном, отже й на прийнятне значення EEDI.

Результати дослідження. Коли судну необхідно триматися одного курсу упродовж тривалого часу, вахтовому матросу буває важко зосередитися і тримати один курс так довго, як необхідно. Така сучасна автоматизована система управління рухом судна, як авторульовий, виконує роботу стернового, безперервно підтримуючи зворотній зв’язок із зовнішнім вказівником курсу, наприклад гірокомпасом, і керуючи стерновим механізмом таким чином, щоб судно тримало курс, заданий вахтовим офіцером (OOW). Така сучасна автоматизована система управління рухом судна не тільки звільняє вахтового від обов’язків керування, але й є більш ефективною.

Як тільки судно відхиляється від заданого курсу, негайно вживаються коригувальні дії з використанням досить точної необхідної кількості перекладок стерна, щоб повернути судно на заданий курс. Це досягається шляхом порівняння курсу, встановленого OOW, з курсом гірокомпасним судна, будь-яка різниця між ними призведе до помилки, і на стерно транслюються коригувальні впливи. Такі сучасні автоматизовані системи управління рухом судна, як авторульові, є найбільш складними системами у сучасній судновій автоматиці, до надійності яких висувають підвищені вимоги, тому що від їх якості, надійності та ефективності експлуатації у значній мірі залежить глобальна безпека судноплавства, захист навколишнього середовища, а також техніко-економічні показники експлуатації суден.

Такі сучасні автоматизовані системи управління рухом судна, як авторульові, вирішують наступні завдання: стабілізації, тобто автоматичного утримання суден на заданих курсах; а також маневрування, тобто досить точних та швидких реалізацій відповідних керуючих впливів, що отримані. Отже, сучасні авторульові можуть працювати в наступних режимах керування стерном судна: режимі, що стежить (FOLLOW UP), та режимі, що не стежить (NON-FOLLOW UP), а також мати ряд специфічних режимів, передбачених виробником, наприклад DODGE [3–4].

Підтримка безперервної роботи авторульового упродовж усього часу експлуатації судна залежить від надійності роботи усіх складових цієї автоматизованої системи управління рухом судна. Саме тому сучасні виробники авторульових обирають такі уніфіковані складові, а також коригувальні пристрої, що не ведуть до надмірного

ускладнення такої автоматизованої системи управління рухом судна у цілому, тим більше зниження її надійності. Не менш важливими є також практичні втілення й ряду інших технічних вимог, наприклад обмеження числа перекладань стерна для стабілізації судна на курсі, що досягається повністю інтелектуальним поєднання пропорційного, інтегрального і похідного (PID) керування у контролері сучасного авторульового, наприклад NAVITRON NT991G MK2 [3–4].

Автори тез вважають, що один з важливих параметрів контролю зміни курсу судном – це швидкість розвороту (ROT), що у випадку авторульового NAVITRON NT991G MK2 позначена як TURN RATE. Це доволі ефективне налаштування переважної більшості сучасних суднових авторульових, що не дає ним змоги занадто розігнати судна. Але, OOW так само має перевірити, щоб швидкість розвороту судна не була й занадто низькою. Автори тез рекомендують застосовувати графік наведений у [4], за яким можна перевірити мінімальну швидкість розвороту судна, нижче якої не рекомендовано вахтовому офіцеру встановлювати значення ROT, що чинить вплив на зміну його курсу. Наприклад, для багатоцільового суховантажу довжиною між перпендикулярами 166 м та швидкістю 15 вузлів, отримане значення ROT 7° / хвилину, згідно такого графіку. Таке, на перший погляд, не дуже велике значення мінімальної швидкості розвороту такого судна, має бути ефективним навіть при простій зміні курсу на 10°, не кажучи вже про розходження суден.

Елемент керування RUDER авторульового NAVITRON NT991G MK2 визначає кут стерна судна, який має бути застосований відносно або пропорційним чином до помилки курсу (градусів відхилення від курсу). Даний регулятор має градацію від 1 до 5, а заводське калібрування регулятора стерна даного авторульового за замовчуванням (таблиця налаштувань) забезпечує від 0,5° до 1,5° відхилення стерна на кожен градус відхилення від курсу заданого [5]. Елемент керування RUDER авторульового застосовується головним чином для запобігання виникненням при експлуатації даного авторульового недостатньої та надмірної керованості судна. Необхідно зазначити наступну практичну рекомендацію налаштування параметру RUDER суднового авторульового: для переходу судна у баласті має бути передбачено мінімальне значення параметру RUDER, якщо осадка судна максимальна – передбачається максимальне значення параметру RUDER.

Висновки. Досягнення прийнятного проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI) повністю залежить від підтримки безперервної роботи авторульового упродовж усього часу експлуатації судна, тобто залежить від надійності роботи усіх складових цієї автоматизованої системи управління рухом судна. Саме тому сучасні виробники авторульових обирають такі уніфіковані складові, а також коригувальні пристрої, що не ведуть до надмірного ускладнення такої автоматизованої системи управління рухом судна у цілому, тим більше зниження її надійності. Не менш важливими є також практичні втілення й ряду інших технічних вимог, наприклад обмеження числа перекладань стерна для стабілізації судна на курсі, що досягається повністю інтелектуальним поєднання пропорційного, інтегрального і похідного (PID) керування у контролері сучасного авторульового, наприклад NAVITRON NT991G MK2.

Автори даних тез вважають, що швидкість розвороту (ROT) судна – це доволі ефективне налаштування переважної більшості сучасних суднових авторульових, що не дає ним змоги занадто розігнати судна. Але, будь-який вахтовий офіцер так само має перевірити, щоб швидкість розвороту судна не була й занадто низькою. Наприклад, для багатоцільового суховантажу довжиною між перпендикулярами 166 м та швидкістю 15 вузлів, отримане значення ROT 7° / хвилину. Таке, на перший погляд, не дуже велике значення мінімальної швидкості розвороту такого судна, має бути ефективним навіть при простій зміні курсу на 10°, не кажучи вже про розходження суден, отже також сприяє досягненню прийнятного проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI).

Елемент керування RUDER авторульового застосовується головним чином для запобігання виникненням при експлуатації даного авторульового недостатньої та надмірної керованості судна, що також чинить безпосередній вплив на досягнення прийнятного проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI). Необхідно зазначити наступну практичну рекомендацію налаштування параметру RUDER суднового авторульового: для переходу судна у баласті має бути передбачено мінімальне значення параметру RUDER, якщо осадка судна максимальна – передбачається максимальне значення параметру RUDER. Як висновок даних тез, автори також зазначають, що оптимізація налаштувань суднового авторульового дозволяє на 0,5–3 % знизити споживання палива, а отже мінімізує індекс енергоефективності судна (EEDI).

ЛІТЕРАТУРА

1. Безбах О. М., Аппазов Е. С. Сучасні системи ходового містка та інформаційна підтримка як засіб управління для зменшення часу на прийняття рішень судноводієм. Прикладні питання математичного моделювання. Т. 2. № 1. Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2019. С. 66–75.

2. Безбах О. М. Перспективи впровадження інноваційних підходів концепції E-NAVIGATION у інтегрованому містку сучасного судна. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (PSDMI-2021), 3–5 листопада 2021. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. С. 168–171.

3. Çetina, O.; Soguta, M. A New Strategic Approach of Energy Management Onboard Ships Supported by Exergy and Economic Criteria: A Case Study of a Cargo Ship. Ocean Eng. 2021, 219, 108–137.

4. Gilbert, P.; Bows, A.; Starkey, R. Shipping and Climate Change: Scope for Unilateral Action. The University of Manchester, Sustainable Consumption Institute: Manchester, UK, 2010.

5. Smith, T.; Raucci, C.; Hosseinloo, S. H.; Rojon, I.; Calleya, J.; Fuente, S. S. D. L.; Wu, P.; Palmer, K. CO_2 Emissions from International Shipping. UMAS: London, UK, 2016.

РОБОТИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ МІЛКОВОДНИХ АКВАТОРІЙ: ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА ВИМОГИ ДО СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НИМИ

Блінцов В. С., Сабуцький І. П.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Вступ. На протязі 2022–2024 років у територіальних водах Чорного і Азовського морів та у внутрішніх водоймах України накопичилась велика кількість вибухонебезпечних предметів – морських мін, бомб, снарядів тощо [1]. Відновлення використання цих водойм в інтересах територіальних громад вимагає проведення комплексу робіт з їх очищення, тобто їх гуманітарного розмінування (ГР, в англомовній літературі – humanitarian demining, HD) [2].

Актуальність дослідження. На цей час основні завдання щодо гуманітарного розмінування акваторій покладені на Державну службу з надзвичайних ситуацій України (ДСНС). Крім того, в Україні створено низку громадських організацій та недержавних установ, які займаються організацією робіт з гуманітарного розмінування акваторій та безпосередньо виконанням робіт по очищенню акваторій від підводних потенційно небезпечних об’єктів (ППНО) [3, 4]. Основними технологіями, які застосовуються сьогодні для виконання цих робіт, є водолазні обстеження акваторій та ручні операції зі знешкодження ППНО. Одночасно спостерігається тенденція залучення засобів підводної робототехніки для виконання окремих етапів гуманітарного розмінування мілководних акваторій, зокрема, для роботизованого пошуку ППНО [5].

Тому розробка і створення роботизованої технології гуманітарного розмінування мілководних акваторій є актуальним прикладним науковим завданням, успішний розв’язок якого має підвищити якість робіт по очищенню акваторій від ППНО та знизити загрози для життя і здоров’я персоналу, задіяного у таких роботах.

Постановка задачі. Метою дослідження є формулювання множини основних етапів гуманітарного розмінування мілководних акваторій, визначення ресурсного забезпечення, необхідного для їх реалізації, а також формулювання вимог до систем керування робототехнічними засобами, які планується залучити до робіт з роботизованого гуманітарного розмінування таких акваторій.

Результати досліджень. За попередніми оцінками, гуманітарного розмінування (ГР) потребують майже 13,5 тис. км² акваторії українських морів і внутрішніх вод, з них 7,3 тис. км² – на деокупованих територіях [6].

Першочерговим завданням ГР в Україні є очищення прибережних мілководних акваторій, які найбільш інтенсивно використовуються для господарської діяльності. Гуманітарне розмінування вказаних акваторій доцільно виконувати для прибережних морських транспортних шляхів, рибопромислових районів та рекреаційних приморських зон.

Сьогодні право на виконання робіт з ГР мають біля десяти організацій, які на протязі двох останніх років обстежили прибережні акваторії річок і водосховищ, а також невеликі ділянки Чорного та Азовського морів. У результаті обстежено майже 32 км² водойм і успішно знешкоджено 1400 вибухонебезпечних пристроїв.

Однак, вкрай низька продуктивність водолазних технологій ГР українських організацій прирікає процес розмінування на багато десятиліть, що є неприпустимим, виходячи з важливої ролі вказаних акваторій для держави.

Магістральним шляхом підвищення продуктивності ГР мілководних акваторій є широке застосування засобів морської робототехніки – підводних, надводних та літаючих апаратів різного призначення, які реалізують концепцію впровадження безлюдних

технологій та дають змогу максимально скоротити участь людей (водолазів, саперів тощо) у реалізації процесів ГР акваторій [7].

Розглянемо ключові етапи ГР і проаналізуємо їх з позицій концепції максимально повного впровадження безводолазних технологій.

Для мілководних акваторій процес ГР доцільно розглядати як єдину технологію T_{HD} у складі наступних п’яти етапів:

пошук, ідентифікація та картографування ППНО $T_{HD\text{-}SIM}$;

нейтралізація ППНО на місці їх виявлення (маркування шляхом встановлення сигнального буя спеціального типу, підрив на місці чи укривання захисною конструкцією) $T_{HD\text{-}N}$;

підводне транспортування ППНО до місця тривалого та безпечного підводного зберігання $T_{HD\text{-}UT}$;

надводне транспортування ППНО на берег для подальшого транспортування і знищення на спеціальному полігоні $T_{HD\text{-}ST}$;

документальне обстеження очищеної акваторії для її безпечної подальшої експлуатації $T_{HD\text{-}D}$.

Тобто, множина основних етапів ГР може бути представлена у формі:

$$T_{HD}=\{T_{HD\text{-}SIM};\ T_{HD\text{-}N};\ T_{HD\text{-}UT};\ T_{HD\text{-}ST};\ T_{HD\text{-}D}\}. \quad (1)$$

Множина (1) містить базовий перелік безлюдних технологій гуманітарного розмінування мілководних акваторій і утворює теоретичне підґрунтя для розробки робототехнічних засобів для їх реалізації.

Для технології (1) пропонуються відповідні засоби морської робототехніки, які максимально вивільняють людський персонал.

Для першого етапу робіт, в залежності від глибини та стану акваторії пропонується застосування безпілотних літальних апаратів (БЛА, в англомовній літературі – unmanned aerial vehicles, UAV), оснащених магнітометрами, надводних безекіпажних надводних катерів (БНК, в англомовній літературі – unmanned survey boats, USB), оснащених гідроакустичними пошуковими приладами, самохідних прив’язних та буксируваних підводних апаратів (СППА та БПА, в англомовній літературі – remotely operated vehicles, ROV and towed underwater vehicles, TUV), які базуються на БНК, та автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА-РБ), оснащених радіобуями для оперативного зв’язку з центром управління гуманітарним розмінуванням (АНПА-РБ, в англомовній літературі – autonomous underwater vehicle with Radio Buoy, AUV-RB).

Для другого етапу робіт у залежності від обраної технології ефективним видається застосування БНК, СППА або АНПА-РБ.

Для третього етапу робіт, очевидно, доцільно використовувати АНПА-РБ та СППА, які базуються на БНК.

Для четвертого етапу необхідно застосовувати БНК спільно з СППА, який має виконувати підйом ППНО на поверхню та його завантаження на палубу БНК. Іншим варіантом виконання цього етапу може бути застосування роботизованих буксируваних і самохідних надводних платформ, оснащених маніпуляторами та електрифікованими підйомними засобами для реалізації безлюдних вантажних і транспортувальних робіт

Для п’ятого етапу пропонується застосування СППА, які базуються на БНК, та АНПА-РБ, оскільки вони забезпечують дистанційне керування роботою у реальному часі та «ефект присутності водолаза» при виконанні підводних операцій.

Як бачимо, одним з головних технічних засобів для реалізації технологій ГР є БНК, оснащений пошуковою апаратурою для виявлення та ідентифікації ППНО, самохідним прив’язним та буксируваним підводним апаратом, маніпулятором для підводних робіт на малих глибинах та для безлюдних вантажних і транспортувальних робіт з ППНО.

Виходячи з основного призначення БНК, розглянемо основні види робіт, які має виконувати БНК, та основні вимоги до системи керування таким рухомим об’єктом.

Попередній аналіз показує, що базовими режимами функціонування БНК є наступні режими:

режими виконання першого етапу ГР (технологія $T_{HD\text{-}SIM}$ пошуку, ідентифікації та картографування ППНО): режим $R_{SIM\text{-}USB}$ пошуку ППНО бортовими гідроакустичними чи магнітометричними пошуковими приладами; режим $R_{SIM\text{-}ROV}$ синхронного руху БНК з СППА, коли останній проводить пошук ППНО своїми бортовими пошуковими приладами; режим $R_{SIM\text{-}TUV}$ буксирування БПА, коли він виконує пошук ППНО своїми бортовими пошуковими приладами;

режими виконання другого етапу ГР (технологія $T_{HD\text{-}N}$ нейтралізації ППНО на місці їх виявлення): режим $R_{N\text{-}B}$ встановлення сигнального буя для попередження про виявлений ППНО як навігаційну безпеку для судноплавства та рибальства; режим $R_{N\text{-}E}$ доставки до ППНО підривного заряду за допомогою встановленого на палубі БНК маніпулятора; режим $R_{N\text{-}S}$ укривання ППНО спеціальною захисною конструкцією в разі прийняття рішення про небезпеку подальших контактів з ним;

режими виконання третього етапу ГР (технологія $T_{HD\text{-}UT}$ підводного транспортування ППНО до місця тривалого та безпечного підводного зберігання): режим $R_{UT\text{-}ROV}$ переміщення ППНО за допомогою синхронного руху СППА та БНК;

режими виконання четвертого етапу ГР (технологія $T_{HD\text{-}ST}$ надводного транспортування ППНО на берег для подальшого транспортування і знищення на спеціальному полігоні): режим $R_{ST\text{-}ROV\text{-}USB}$ підйому ППНО на поверхню та його завантаження на палубу БНК за допомогою маніпулятора катера; режим $R_{ST\text{-}USB}$ транспортування ППНО за допомогою БНК на берег;

режим виконання п’ятого етапу ГР (технологія $T_{HD\text{-}D}$ документального обстеження очищеної акваторії): режим $R_{D\text{-}ROV\text{-}USB}$ обстеження стану очищеної мілководної акваторії від ППНО за допомогою приладів СППА (фото-, відео-, гідроакустичних та магнітометричних).

Наведені режими роботи БНК утворюють науково-методологічне підґрунтя для розробки відповідного алгоритмічного забезпечення, для синтезу структур регуляторів виконавчих механізмів БНК, а також для розробки узагальненої систем керування БНК.

Попередні оцінки шляхів розв’язання вказаних задач свідчать, що з позицій теорії керування морськими рухомими об’єктами доцільно виконати їх первинну структуризацію, виходячи з наступних критеріїв системного підходу [8]:

– критерію функціональності, який оцінює якість автоматичного керування в режимах безпечного стабілізованого руху БНК на заданому курсі та на заданій траєкторії, а також при позиціонування БНС в заданій точці;

– енергетичному критерію, який оцінює ефективність і надійність системи автоматичного керування процесами енергетичного забезпечення бортових споживачів енергії БНК;

– інформаційного критерію, який оцінює ефективність і надійність функціонування підсистеми автоматичного керування бортовими виконавчими механізмами БНК, підсистеми навігаційного забезпечення БНК, та підсистеми двохстороннього зв’язку з АНПА-РБ, СППА і БПА та з береговим постом керування операціями з ГР.

Висновки. Показана актуальність застосування роботизованих технологій гуманітарного розмінування мілководних акваторій України. Запропоновано розглядати загальнодержавну проблему гуманітарного розмінування акваторій у складі п’яти основних етапів, які охоплюють пошук підводних потенційно небезпечних об’єктів, їх нейтралізацію та документальне оформлення результатів розмінування як єдину роботизовану технологію, що ґрунтується на принципі максимального виключення людей з процесів розмінування. Запропонована множина основних етапів гуманітарного розмінування мілководних акваторій та обґрунтовано залучення для їх виконання сучасних засобів надводної та підводної робототехніки. На основі системного підходу сформульовано критерії ефективності систем автоматичного керування, які доцільно

покласти в основу розробки систем керування безекіпажного надводного катера як носія засобів робототехніки для гуманітарного розмінування мілководних акваторій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Секторальна робоча група «Гуманітарне розмінування». Протокол засідання 7 грудня 2023 року. file:///C:/Users/SLpro/Downloads/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%96%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_2-2.pdf.

2. Закон "Про протимінну діяльність в Україні" від 06.12.2018 N 2642-VIII.

3. Які програми з гуманітарного розмінування доступні для громад. https://intent.press/expert/humanrights/2023/yaki-programi-z-gumanitarnogo-rozminuvannya-dostupni-dlya-gromad/.

4. Як в Україні працює організація з гуманітарного розмінування Hallo TRUST. https://armyinform.com.ua/2021/11/16/yak-v-ukrayini-praczyuye-organizacziya-z-gumanitarnogo-rozminuvannya-hallo-trust/.

5. Кравченко О. ДСНС отримала дрони для підводного розмінування. https://lb.ua/society/2022/10/31/534362_dsns_otrimala_droni_pidvodnogo.html.

6. More than 13,000 km² of Ukraine’s sea and inland waters need demining – Emergency Service. https://euromaidanpress.com/2023/05/30/more-than-13000-km%C2%B2-of-ukraines-sea-and-inland-waters-need-demining-emergency-service/.

7. Volodymyr S. Blintsov, Maksym H. Hrytsaienko. Special features of management of the joint projects of water zone clearing by subdivisions of the state emergency service of Ukraine and organizations developing marine robotic vehicles - «Shipbuilding and Marine Infrastructure», 2017. – № 1(7) – P. 141–151.

8. Blintsov V.S., Klochkov O.P. Generalized method of designing unmanned remotely operated complexes based on the system approach. *Scientific journal «EUREKA: Physics and Engineering».* 2019. Vol. 2 (21). P. 43–51.

АВТОНОМНИЙ НЕНАСЕЛЕНИЙ ПІДВОДНИЙ АПАРАТ З РАДІОБУЄМ: ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ

Блінцов В. С., Фомбо Ж.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Вступ. Автономний ненаселений підводний апарат з радіобуєм (АНПА-РБ) належить до нових модифікацій традиційних автономних ненаселених підводних апаратів і призначений для використання на акваторіях з малими глибинами (зазвичай, не більше 100 метрів). Конструкція такого апарата містить чотири основні складові [1]:

– власне, автономний ненаселений підводний апарат (АНПА, в англомовній літературі – Autonomous Underwater Vehicle, AUV) традиційної конструкції, який виконує пошукові, дослідницькі, промислові чи аварійно-рятувальні місії під водою;

– радіобуй (РБ, в англомовній літературі – Radio Buoy, RB), який буксирується підводним апаратом по поверхні води за допомогою кабель-буксиру та забезпечує двосторонній радіозв'язок з береговим постом керування у реальному часі;

– кабель-буксир (КБ, в англомовній літературі – Electrical Tow Cable, ETC), який є гнучким механічним зв'язком між АНПА та РБ і забезпечує обмін інформацією між ними;

– електрична лебідка кабель-буксиру (ЛКБ), в англомовній літературі – cable tug winch, CTW), яка розміщується на АНПА і призначена для зберігання КБ та регулювання довжини його попущеної частини в залежності від робочої глибини АНПА.

Склад обладнання АНПА-РБ наведено на рис. 1.

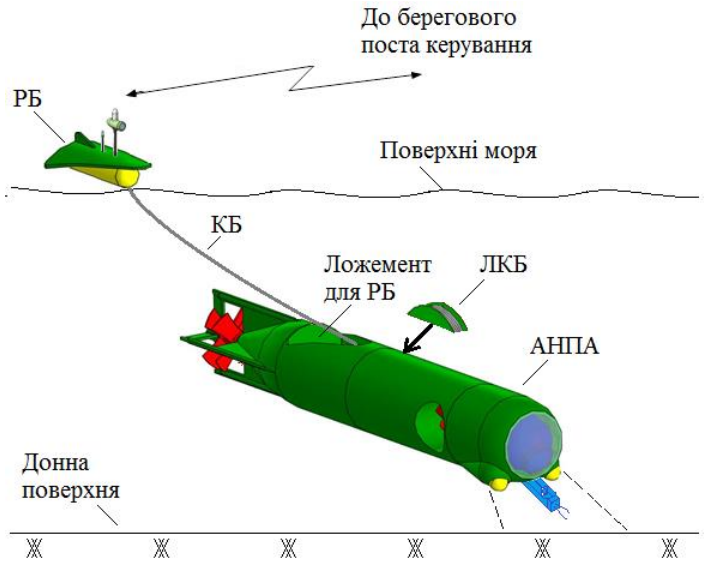


Рисунок 1 – Склад обладнання АНПА-РБ

Підводні апарати такого типу поєднують переваги прив'язних підводних апаратів (можливість керувати і отримувати інформацію від апарата у реальному часі) з перевагами типових АНПА (можливість виконувати місії без обмежень по відстані від поста керування).

Актуальність дослідження. Унікальні переваги АНПА-РБ перед іншими видами морської робототехніки при їх застосування на малих глибинах відкривають можливості їх застосування як у пошукових підводних місіях, так і в інструментально-виробничих підводних місіях, які передбачають застосування підводного інструменту (маніпуляторів, різаків, пробовідбірників тощо) [2].

Тому розробка ефективних технологій застосування АНПА-РБ та синтез систем керування ними для реалізації цих технологій є актуальним прикладним науковим завданням.

Постановка задачі. Однією з головних задач створення АНПА-РБ та їх успішного впровадження у морську практику є визначення ефективних сфер застосування такого виду морської робототехніки та розробка відповідних технологій їх використання.

Крім того, необхідною складовою такої розробки є визначення вимог до систем автоматичного керування АНПА-РБ, які б забезпечили задану ефективність виконання підводних місій.

Це обумовлює актуальність даного дослідження.

Результати досліджень. Актуальність розробки і впровадження АНПА-РБ для України обумовлена великими обсягами підводних робіт на мілководних акваторіях держави [3, 4]. До головних сфер застосування такої техніки, у першу чергу, необхідно віднести:

роботи J_{PWA} в морських і річкових портах, гаванях та інших захищених акваторіях по висвітленню підводної обстановки з метою безпечної їх експлуатації;

роботи J_{HD} з гуманітарного розмінування мілководних акваторій держави;

роботи J_{SR} на судноремонтних заводах по обстеженню підводної частини корпусів морських суден та їх очищенню від обростання.

Таким чином, базовий перелік робіт J, де застосування АНПА-РБ очікується найбільш ефективним, може бути представлений множиною:

$$J = \{J_{PWA}; J_{HD}; J_{SR}\}. \quad (1)$$

Розглянемо особливості технологій застосування АНПА-РБ при виконанні вказаних робіт J та вимоги до систем керування, які мають забезпечувати ефективне виконання технологій.

До робіт виду J_{PWA} відносяться періодичні та термінові обстеження водної товщі та морського дна морських та річкових портів і гаваней та підводної частини їх причальних споруд, закритих акваторій навколо морських інженерних споруд нафтогазовидобувної промисловості, акваторій військово-морських баз тощо. Головний результат таких робіт – формування інформації про оперативну підводну обстановку на захищеній акваторії та керований захист акваторії від загроз антропогенного походження.

Типовими режимами АНПА-РБ R_{PWA} при цьому є:

режим $R_{PWA\text{-}E}$ приладового обстеження підводного простору та морського дна захищеної акваторії з фото- та/чи відеодокументуванням процесу та результатів роботи;

режим $R_{PWA\text{-}P}$ захисту акваторії від несанкціонованого проникнення зловмисників, який в залежності від правового статусу робототехнічної системи захисту, може бути реалізований підводним апаратом у формах оптичного та/чи гідроакустичного попередження, фізичної дії на зловмисника з нелетальним чи летальним впливом.

Множину основних режимів роботи АНПА-РБ R_{PWA} представимо множиною:

$$R_{PWA} = \{R_{PWA\text{-}E}; R_{PWA\text{-}P}\}. \quad (2)$$

Виходячи з (2) можна сформувати дві базові технології застосування АНПА-РБ при виконанні робіт J_{PWA}:

технологію $T_{PWA\text{-}E}$ обстеження підводного простору захищеної акваторії, яка реалізується методом послідовного обходу акваторії траєкторіями підводного руху; при цьому ширина між галсами має автоматично утримуватись незмінною і відповідати ширині смуги обстеження пошукового обладнання АНПА-РБ;

технологію $T_{PWA\text{-}P}$ доставки підводним апаратом захисного обладнання у зону виявлення зловмисника та керування процесом використання цього обладнання за призначенням.

Тоді множину технологій T_{PWA} виконання робіт J_{PWA} можна записати у вигляді множини:

$$T_{PWA} = \{T_{PWA\text{-}E}; T_{PWA\text{-}P}\}. \quad (3)$$

Попередній аналіз показує, що технологія $T_{PWA\text{-}E}$ може виконуватись у повністю автоматично, включаючи як, власне, обстеження підводного простору, так і виявлення тренду щодо змін підводної обстановки (у тому числі і виявлення зловмисника). Однак,

технологія $T_{PWA\text{-}P}$ захисту від зловмисника має проходити під контролем людини-оператора берегового поста керування у реальному часі.

Тобто, технологія T_{PWA} обстеження водної товщі та морського дна закритих акваторій має передбачати автоматичне та ручне керування просторовим рухом АНПА-РБ та його обладнанням.

Розглянемо тепер можливості застосування АНПА-РБ для виконання задач гуманітарного розмінування мілководних акваторій України.

За попередніми оцінками, гуманітарного розмінування (ГР, в англомовній літературі – humanitarian demining, HD) потребують майже 13,5 тис. км² акваторії українських морів і внутрішніх вод, з них 7,3 тис. км² – на вже деокупованих територіях [5]. Першочерговим завданням ГР в Україні є очищення прибережних мілководних акваторій, які найбільш інтенсивно використовуються для господарської діяльності. Гуманітарне розмінування вказаних акваторій доцільно виконувати для прибережних морських транспортних шляхів, рибопромислових районів та рекреаційних приморських зон.

При виконанні робіт J_{HD} АНПА-РБ можуть використовуватись у наступних режимах:

режим $R_{HD\text{-}SIM}$ пошуку, ідентифікації та картографування вибухонебезпечних об’єктів;

режим $R_{HD\text{-}N}$ нейтралізації вибухонебезпечних об’єктів на місці їх виявлення (маркування шляхом встановлення сигнального буя спеціального типу, підрив на місці чи укривання захисною конструкцією);

підводне транспортування ЕО до місця тривалого та безпечного підводного зберігання $R_{HD\text{-}UT}$;

надводне транспортування ВНП на берег для подальшого транспортування і знищення на спеціальному полігоні $R_{HD\text{-}ST}$;

документальне обстеження очищеної акваторії для її безпечної подальшої експлуатації $R_{HD\text{-}D}$.

Тобто, множина основних етапів ГР може бути представлена у формі:

$$R_{HD}=\{R_{HD\text{-}SIM}; R_{HD\text{-}N}; R_{HD\text{-}UT}; R_{HD\text{-}ST}; R_{HD\text{-}D}\}. \quad (4)$$

Множина (4) містить базовий перелік етапів гуманітарного розмінування мілководних акваторій і утворює теоретичне підґрунтя для розробки роботизованої технології їх реалізації:

$$T_{HD}=\{T_{HD\text{-}SIM}; T_{HD\text{-}N}; T_{HD\text{-}UT}; T_{HD\text{-}ST}; T_{HD\text{-}D}\}. \quad (5)$$

З позицій автоматичного керування при виконанні вказаних технологій можна зазначити, що основним режимом керування АНПА-РБ має бути ручне дистанційне керування людиною-оператором, який знаходиться на береговому пості керування. Це пов’язано з мінімізацією загроз життю і здоров’ю персоналу, задіяного в ГР.

До особливостей цих технологій слід віднести додаткову вимогу до АНРА-РБ як об’єкту керування – вимогу щодо необхідності керування взаємним просторовим положенням АНПА та його РБ. Це обумовлено тим, що умови робочих акваторій та необхідність позиціонування АНПА біля вибухонебезпечного об’єкта можуть призвести до заплутування РБ. Тому РБ теж має бути самохідним, щоб мати можливість займати безпечне місце на поверхні робочої акваторії та забезпечувати при цьому надійний зв’язок з береговим постом керування. Ця обставина вимагає внесення суттєвих змін системі керування АНПА-РБ, оскільки необхідно керувати двохланковою системою рухомих тіл, об’єднаних гнучким зв’язком – кабель-буксиром – зі змінною довжиною КБ.

Однак, режим роботи $T_{HD\text{-}SIM}$ може виконуватись повністю автоматично за наявності розвиненої бази даних вибухонебезпечних об’єктів,та відповідного програмного забезпечення для автоматичної ідентифікації виявлених вибухонебезпечних об’єктів.

Що ж стосується режиму $T_{HD\text{-}D}$, то він також може виконуватись автоматично, оскільки він реалізується на навігаційно відомій та безпечній після очищення акваторії.

Нарешті, при виконанні робіт J_{SR} на суднoремонтних заводах мають місце два основні режими робіт АНПА-РБ:

режим $R_{SR\text{-}S}$ по обстеженню технічного стану підводної частини корпусів морських суден;

режим $R_{SR\text{-}C}$ по очищенню підводної частини корпусів морських суден від обростання.

Таким чином, множина типових режимів АНПА-РБ R_{SR} при виконанні робіт J_{SR} може бути представлена наступним відношенням:

$$R_{SR} = \{R_{SR\text{-}S};\ R_{SR\text{-}C}\}. \quad (6)$$

Відповідно, базовими технологіями при виконанні робіт J_{SR} є наступні технології:

$$T_{SR} = \{T_{SR\text{-}S};\ T_{SR\text{-}C}\}. \quad (7)$$

Попередній аналіз показує, що обидві технології можуть бути реалізовані як в автоматичному режимі, так і в автоматизованому та ручному режимах. Вибір конкретного режиму для виконання робіт J_{SR} залежить від форми підводної частини корпусу конкретного судна. До особливостей синтезу систем керування АНПА-РБ тут слід віднести підвищені вимоги до точності визначення поточних координат АНПА в системі координат судна, а при реалізації технології $T_{SR\text{-}C}$ – ще й необхідність враховувати реактивні сили, які діють на АНПА у результаті роботи очисного інструменту.

Іншою особливістю технологій T_{SR} є необхідність керування взаємним просторовим положенням АНПА та його РБ, оскільки в умовах суднoремонтного заводу вільно буксируваний РБ створює додаткові ризики заплутування або утворює навігаційну перешкоду заводським плавзасобам.

Висновки. Наведено склад обладнання та особливості застосування модифікації традиційного автономного ненаселеного підводного апарата, додатково оснащеного буксируваним радіобуєм. Показано основні сфери застосування такої техніки та описано її основні робочі режими. У результаті дослідження отримано низку підводних технологій, які реалізують основні роботи, та встановлено основні вимоги до систем керування підводними апаратами з радіобуями.

Сформовані системи множин основних підводних робіт із застосуванням такого типу морської робототехніки, множини режимів її роботи та множини прикладних підводних технологій утворюють теоретичну основу для подальших наукових досліджень у напрямку синтезу систем автоматичного, автоматизованого та ручного керування підводними апаратами з радіобуями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Підводні апарати. Рекламно-інформаційне видання. Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2023. – 37 с.

2. Блінцов В.С., Сірівчук А.С., Надточий А.В., Надточій В.А. Автоматизація керування автономним ненаселеним підводним апаратом з радіобуєм. Наукова монографія. – Херсон : Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, 2022. – 196 с.

3. Blintsov, O. Development of informationally-protected System of Marine Water Area Monitoring / O. Blintsov, P. Maidaniuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. – №6/9(90). – P. 10–16. doi: 10.15587/1729-4061.2017.118851

4. Blintsov Volodymyr S., Hrytsaienko Maksym H. Special features of management of the joint projects of water zone clearing by subdivisions of the state emergency service of Ukraine and organizations developing marine robotic vehicles. *Shipbuilding and Marine Infrastructure*, 2017. № 1 (7). P. 141-151.

5. More than 13,000 km² of Ukraine’s sea and inland waters need demining – Emergency Service. https://euromaidanpress.com/2023/05/30/more-than-13000-km%C2%B2-of-ukraines-sea-and-inland-waters-need-demining-emergency-service/

СИСТЕМА РОБОТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ЗАХИЩЕНОЇ АКВАТОРІЇ

Буруніна Ж. Ю., Трибулькевич В. В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

Вступ. Територіальні води України активно використовуються в інтересах вітчизняних та зарубіжних організацій як у мирний час, так і під час воєнного стану. Захист та безпечну експлуатацію таких акваторій має забезпечувати держава. Тому завдання безпеки суден при виконанні ними промислової діяльності на цих акваторіях мають вирішувати відповідні державні служби: Державна прикордонна служба України, Державна служба з надзвичайних ситуацій України, Військово-Морські Сили ЗС України тощо.

Такі завдання на цей час виконуються традиційними технічними засобами – патрулюванням кораблів вказаних служб із застосуванням методів спостереження за надводною обстановкою. Технічні засоби моніторингу підводної обстановки практично відсутні, що не гарантує захист транспортних суден від мінної загрози та диверсійних актів.

Актуальність дослідження. Значні за площею обсяги акваторій України та висока відповідальність держави щодо безпечної їх експлуатації ставлять на порядок денний питання щодо повноти та оперативності інформації про безпеку захищених акваторій держави і, зокрема, про підводну обстановку, тобто про підвищення ефективності робіт по їх моніторингу та оцінкам безпеки морських робіт, які на них виконуються [1]. Вказане питання на цей час може бути успішно вирішене тільки у результаті застосування сучасних засобів морської робототехніки (ЗМР) шляхом впровадження у морську практику безлюдних технологій моніторингу надводної та підводної обстановки захищених акваторій держави [2].

Моніторинг безпеки захищених акваторій доцільно будувати на основі комплексного застосування ЗМР – безпілотних літальних апаратів – квадрокоптерів (БЛА), безекіпажних надводних суден (БНС) та безекіпажних підводних апаратів (БПА), а також стаціонарних підводних апаратів донного базування (BUV) [3].

Постановка задачі. Метою роботи є формулювання загального підходу до створення системи роботизованого моніторингу захищених акваторій та оцінки рівня їх безпеки, який має дати можливість підвищити достовірність кількісних показників захищеності акваторій за рахунок застосування сучасних комп'ютерних технологій збору, обробки та використання оперативної інформації.

Результати досліджень. Дамо визначення поняттям «моніторинг захищеної акваторії» та «оцінка безпеки захищеної акваторії» на основі загальновідомого підходу [4].

Перше поняття стосується процесу обстеження акваторії на предмет виявлення відхилень від її нормального стану. Тобто, моніторинг – це систематичний і безперервний процес збору даних про стан акваторії та результати відстеження змін цього стану.

Друге поняття стосується змістовної обробки результатів моніторингу акваторій з метою отримання кількісних показників, придатних для прийняття формальних рішень щодо забезпечення безпеки морських робіт, які виконуються чи плануються на вказаних акваторіях. Тобто, оцінка безпеки акваторії – це обробка результатів моніторингу з метою отримання кількісних показників безпеки та визначення стану безпеки акваторії за допомогою системи спеціальних критеріїв безпеки.

Таким чином, вказані два поняття функціонально пов’язані між собою за часом та за вимогами до інформації, яка спочатку збирається ЗМР, а потім обробляється за спеціальними алгоритмами та оцінюється за відповідними критеріями.

Відповідно до призначення та згідно з раніше прийнятими підходами до моніторингу інших водних об’єктів [5] моніторинг захищених акваторій ділиться на такі види:

– постійний моніторинг (контрольовані параметри – гідрофізичні та гідрохімічні характеристики морської води та морського дна, відеообстеження підводної частини морських інженерних споруд, гідроакустичні та магнітометричні характеристики водної товщі, відеообстеження виявлених сторонніх підводних об’єктів);

– періодичний моніторинг, який виконується за графіками та планами для кожного об'єкта, який знаходиться на захищений акваторії, із застосуванням додаткового обладнання та приладів (додатково вимірювані та контрольовані параметри - характеристики рельєфу дна, зовнішній вигляд та технічні характеристики підводних елементів конструкцій інженерних споруд);

– спеціальний моніторинг, який виконується з науковою чи іншою метою, коли необхідно більш детально та глибоко вивчити процеси, що відбуваються у водній товщі, на морському дні та на інженерних спорудах, які не охоплені попередніми видами моніторингу;

– кризовий моніторинг, що здійснюється в зонах підвищеного ризику та в аварійних та надзвичайних ситуаціях.

Постійний моніторинг здійснюється шляхом систематичних спостережень та вимірювань параметрів водного середовища та інженерних об’єктів з метою отримання оперативної інформації для подальших оцінок поточного стану та прогнозування змін внаслідок природного чи антропогенного впливу на морське середовище.

Періодичний моніторинг здійснюється з метою виявлення фактичного технічного стану об’єктів, які знаходяться на захищених акваторіях, на підставі додаткових та повних спостережень та вимірювань, експрес-аналізу та прийняття рішень з ефективного впливу на підводну обстановку.

Спеціальні види моніторингу включають спостереження та вимірювання характеристик водного середовища, морського дна та морських інженерних об’єктів з науковою метою та для виконання зобов'язань, що випливають із міжнародних договорів України.

Кризовий моніторинг здійснюється шляхом систематичних, періодичних та додаткових спостережень за кількісними та якісними параметрами водного середовища, морського дна та морських інженерних об’єктів, що знаходяться у зонах підвищеного ризику. Виконується як на державній мережі пунктів спостережень, так і на тимчасовій мережі, яка встановлюється під час виникнення несанкціонованих чи аварійних ситуацій чи стихійного лиха з метою оповіщення та розроблення оперативних заходів щодо ліквідації їх наслідків та захисту населення та власності.

Контрольовані параметри під час моніторингу водного середовища, морського дна та морських інженерних об’єктів визначаються окремо для кожному типу об'єктів й у конкретного виду моніторингу.

Розглянемо тепер можливі варіанти залучення сучасних засобів ЗМР для моніторингу захищених акваторій.

Попередній аналіз показує, що для вказаних задач доцільним є використання наступних типів ЗМР:

безпілотних літальних апаратів (БЛА, в англомовній літературі – unmanned aerial vehicles, UAV), оснащених магнітометрами на зовнішній підвісці;

надводних безекіпажних надводних катерів (БНК, в англомовній літературі – unmanned survey boats, USB), оснащених гідроакустичними пошуковими приладами;

самохідних прив’язних підводних апаратів (СППА, в англомовній літературі – remotely operated vehicles, ROV), які базуються на БНК;

безекіпажних буксируваних підводних апаратів (БПА, в англомовній літературі – towed underwater vehicles, TUV), які базуються на БНК,

автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА, в англомовній літературі – autonomous underwater vehicles, AUV);

автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА-РБ), оснащених радіобуями для оперативного зв'язку з центром управління гуманітарним розмінуванням (АНПА-РБ, в англомовній літературі – autonomous underwater vehicles with Radio Buoy, AUV-RB).

Головними напрямами розвитку та удосконалення моніторингу захищених акваторій є:

– розробка структури системи моніторингу на основі сучасних інформаційних технологій;

– забезпечення методиками надійного визначення показників складу та властивостей об'єктів захисту на рівнях встановлених нормативів;

– методична узгодженість спостережень та розрахунків, порівнянність інформації від різних джерел;

– уніфікація методик спостережень, вимірювань та обробки даних;

– удосконалення та уніфікація технічної бази засобів, приладів та систем контролю;

– оптимізація мережі спостережень, складу показників, що визначаються, та періодичності їх визначення;

– розробка системи комплексних оцінок безпеки захищених акваторій, моделей прогнозування та алгоритмів підтримки рішень;

– створення локальних центрів моніторингу захищених акваторій як складових відповідних центрів державної системи моніторингу водних транспортних шляхів України.

Висновки. Запропонований підхід до створення системи роботизованого моніторингу захищених акваторій та оцінки рівня їх безпеки дасть можливість підвищити достовірність кількісних показників захищеності акваторій за рахунок застосування сучасних комп'ютерних технологій збору, обробки та використання оперативної інформації.

У подальших дослідження необхідно розробити функціональну схему автоматизованої системи моніторингу захищених акваторій та оцінки їх безпеки та базові методики кількісної оцінки рівня їх безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Volodymyr Blintsov, Pavlo Maidaniuk, Andrii Sirivchuk. Improvement of Technical Supply of Projects of Robotized Monitoring of Underwater Conditions in Shallow Water Areas. «EUREKA: Physics and Engineering», 2019. Number 3. Pages 41–49. DOI: 10.21303 / 2461-4262.2019.00893.

2. Створення універсальних транспортних суден і засобів океанотехніки: Монографія / С. С. Рижков, В. С. Блінцов, Г. В. Єгоров, Ю. Д. Жуков, В. Ф. Квасницький, К. В. Кошкін, І. В. Крівцун, В. О. Нєкрасов, В. В. Севрюков, Ю. В. Солоніченко; за ред. С. С. Рижкова. – Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. – 340 с.

3. Blintsov O. V., Burunina Zh. Yu., Voitasyk A. M. Refining the classification of underwater missions performed using underwater complexes with flexible connections. *«Shipbuilding and Marine Infrastructure».* 2018. № 1(9). P. 36–43. doi: 10.15589/SMI.2018.01.05.

4. Introduction to Monitoring and Evaluation: The Basics. https://www.evalcommunity.com/career-center/monitoring-and-evaluation-basics/.

5. Блинцов В. С., Костенко Ю. К. Автоматизированная система мониторинга гидротехнических сооружений водных транспортных путей. // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон, 2007. – № 4(27). – С. 476–481.

УДК 621.436:629.128.6

ДІЯЛЬНІСТЬ КАФЕДРИ «СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ». СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ДОКТОРСЬКОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 05.05.03 – ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

Варбанець Р. А.
Одеський національний морський університет
(Україна)

Умови воєнного часу, в яких опинилася наша країна з лютого 2022 року, мобілізували колектив кафедри і к кінцю 2023 року кафедра підійшла з вагомими результатами.

Співробітниками кафедри опубліковано ряд статей у категоріях Scopus, Web of Science та категорії В [1–17]. Вийшла монографія О. А. Вассермана та О. Г. Слинька.

Співробітниками кафедри розробляється великомасштабна лабораторна система контролю параметрів лабораторних дизельних двигунів Weichai WP4C82-15 (Deutz 226). Ведуться роботи по створенню системи діагностики в реальному часі суднових дизелів Depas 5.0.

Головними науковими результатами 2023 року стали захисти двох докторських дисертацій за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. Обидві дисертації були захищені в спеціалізованій вченій раді Д 64.050.13 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (ХПІ). Приводжу основну інформацію по дисертаціям.

Мінчев Д. С. Методи діагностики технічного стану двигунів внутрішнього згоряння з використанням цифрових двійників. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки». Офіційні опоненти: д.т.н. професор Строков О. П., д.т.н. професор Білогуб О. В., д.т.н. професор Лісовал А. А.

Мальчевський В. П. Основи забезпечення еколого-енергетичної ефективності суднових дизелів стабілізацією температури палива сумішами холодоагентів. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки». Офіційні опоненти: д.т.н. професор Парсаданов І. В., д.т.н. професор Сербін С. І., д.т.н. професор Сагін С. В.

Головною подією 2023 року для кафедри стало відкриття спеціалізованої вченої ради Д 41.060.02 за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. До складу ради увійшли доктори технічних наук нашого університету, Миколаївського університету кораблебудування імені адмірала Макарова (НУК) та Херсонської державної морської академії (ХДМА). Цитую повністю наказ міністра освіти України:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАКАЗ

25 10 2023 **м. Київ** № 1309

Про затвердження рішень атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України від 25.10.2023

Відповідно до статті 54, підпункту 7 пункту 2 Розділу XV «Прикінцеві

НАКАЗУЮ:

.....

5. Утворити:

1) спеціалізовані вчені ради з присудження наукового ступеня доктора наук строком на три роки у складі згідно з додатком 1;

.....

Міністр **Оксен ЛІСОВИЙ**

Одеський національний морський університет
Д 41.060.02
Профіль ради: **05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки»**
Персональний склад спеціалізованої вченої ради з присудження наукового ступеня доктора наук
Д 41.060.02

Голова ради:

1. Варбанець Роман Анатолійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.

Заступники голови:

2. Мальчевський Валентин Павлович, д.т.н., доцент, доцент кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.
3. Мінчев Дмитро Степанович, д.т.н., доцент, доцент кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.

Вчений секретар:

4. Єриганов Олексій Валерійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.

Члени ради:

5. Білоусов Євген Вікторович, д.т.н., професор, професор кафедри, Херсонська державна морська академія, спеціальність 05.05.03.
6. Конопльов Анатолій Васильович, д.т.н., професор, завідувач кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.
7. Малаксіано Микола Олександрович, д.т.н., доцент, завідувач кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.
8. Митрофанов Олександр Сергійович, д.т.н., доцент, доцент кафедри, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, спеціальність 05.05.03.
9. Пітерська Варвара Михайлівна, д.т.н., професор, професор кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.
10. Чередніченко Олександр Костянтинович, д.т.н., професор, професор кафедри, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, спеціальність 05.05.03.
11. Яровенко Володимир Олексійович, д.т.н., доцент, завідувач кафедри, Одеський національний морський університет, спеціальність 05.05.03.

Наводжу деякі перспективні наукові роботи співробітників та докторантів кафедри, які плануються до розгляду у створеній раді.

Єриганов О. В. – наукова робота на тему «Діагностичний контроль робочого процесу суднових двигунів в умовах дефіциту даних». Проведено значний обсяг робіт та опубліковано низку наукових публікацій у виданнях категорії Scopus та В.

Кирнац В. І. – наукова робота із загальною темою «Методи діагностики електронної системи змащування циліндрів суднових малообертових двигунів». Низка наукових публікацій опублікована у виданнях категорії Scopus та В.

Бойчук А. С. – наукова робота пов'язана з експлуатацією суднових енергетичних установок. Низка наукових публікацій опублікована у виданнях Scopus та категорії В.

Залож В. І. – наукова робота на тему «Методи діагностики суднових дизелів за параметрами робочого процесу в реальному часі». Зроблено значні напрацювання та опубліковано низку наукових публікацій у виданнях категорії Scopus, Web of Science та категорії В.

Сподіваюся на плідну та успішну роботу вченої ради Д 41.060.02.

Хочу подякувати всім співробітникам кафедри, які, незважаючи на складні умови, брали активну участь у діяльності кафедри та університету.

ЛІТЕРАТУРА

1. Minchev D. S., Gogorenko A. O., Varbanets R. A., Shumilo O. M. Prediction of centrifugal compressor instabilities for internal combustion engines operating cycle simulation. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2023. 237(2-3). P. 572–584.

2. Minchev D., Varbanets R., Shumylo O., .Bratchenko P., Truong T. H. Digital Twin TestBench Performance for Marine Diesel Engine Applications. Polish Maritime Research. 2023. 30(4). P. 81–91.

3. Neumann S., Varbanets R., Kyrylash O., Yeryganov O., Maulevych V. Marine diesels working cycle monitoring on the base of IMES GmbH pressure sensors data. Diagnostyka. 2019. 20(2). P. 19–26. URL: https://doi:10.29354/diag/104516.

4. Varbanets R. A. Diagnostic control of the working process of marine diesel engines in operation : Dissertation of the Doctor of Technical Sciences. Odessa, 2010.

5. Varbanets R., Fomin O., Píštěk V., Klymenko V., Minchev D., Khrulev A. et al. Acoustic Method for Estimation of Marine Low-Speed Engine Turbocharger Parameters. Journal of Marine Science and Engineering. 2021. 9(3), 321. URL: http://dx.doi.org/10.3390/jmse9030321.

6. Varbanets R., Karianskiy A. Analyse of marine diesel engine performance. Journal of Polish CIMAC. Energetic Aspects. 2012. Vol. 7, No. 1. P. 269–275.

7. Varbanets R., Karianskyi S., Rudenko S., Improvement of diagnosing methods of the diesel engine functioning under operating conditions. SAE Technical Paper. 2017. 2017-01-2218.

8. Minchev D., Varbanets R., Aleksandrovskaya N. and Pisintsaly L. Marine Diesel Engines Operating Cycle Simulation for Diagnostics Issues. Acta Polytechnica. 2021. 3(61). P. 428–440. URL: http://dx.doi.org/10.14311/AP.2021.61.0435.

9. Blitz- PRO by D. S. Minchev. User’s manual. URL: http://blitzpro.zeddmalam.com/extra/Tutorial/Help.pdf.

10. Minchev D. S., Varbanets R. A. Centrifugal compressor performance maps treatment for internal combustion engines operating cycle simulation. Internal combustion engines. 2021. № 1. DOI: 10.20998/0419-8719.2021.1.02.

11. Varbanets R. A., Zalozh V. I., Shakhov A. V., Savelieva I. V., Piterska V. M. Determination of top dead centre location based on the marine diesel engine indicator diagram analysis. Diagnostyka. 2020. 21(1). P. 51–60. URL: https://doi.org/10.29354/diag/116585.

12. Бойчук А. С., Лавренченко Г. К., Слинько О. Г., Козловський С. В. Газопаротурбінна установка із загальним газопароутворюючим пристроєм і незалежними турбінами. Refrigeration Engineering and Technology. 2021. 57(4). С. 254–263. URL: https://doi.org/10.15673/ret.v57i4.2208.

13. Лавренченко Г. К., Слинько О. Г., Галкін В. М., Козловський С. В., Бойчук А. С. Утилізаційна комбінована енергохолодильна установка з повним регенеративним теплообміном. Refrigeration Engineering and Technology. 2022. 58(1). С. 50–61. URL: https://doi.org/10.15673/ret.v58i1.2315.

14. Лавренченко Г. К., Слинько О. Г., Галкін В. М., Козловський С. В., Бойчук А. С. Гідродинамічний метод перетворення рідини в перегріту пару. Refrigeration Engineering and Technology. 2022. 58(2). С. 92–97. URL: https://doi.org/10.15673/ret.v58i2.2381.

15. Лавренченко Г. К., Слинько О. Г., Галкін В. М., Козловський С. В., Бойчук А. С. Термодинамічний цикл комбінованої водневопаротурбінної установки. Refrigeration Engineering and Technology. 2022. 58(3). С. 164–172. URL: https://doi.org/10.15673/ret.v58i3.2488.

16. Lavrenchenko G. K., Slinko O. G., Boychuk A. S., Halkin V. M., Kozlovskyi S. V. Improved thermodynamic cycle of a steam turbine plant. Journal of Chemistry and Technologies. 2023. 31(1). P. 178–185. URL: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i1.274768.

17. Lavrenchenko G. K., Slinko O. G., Boychuk A. S., Halkin V. M., Kozlovskyi S. V. Conversion of liquid to steam. how and why?

Journal of Chemistry and Technologies.2023.31(3).P.678–684.URL: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i3.285771.

18. Вассерман О. А., Слинько О. Г., Шутенко М. А. Інноваційні цикли енергетичних установок. Одеса : Фенікс, 2022. 182 с. Варбанець Роман Анатолійович д.т.н., професор, завідувач кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету; консультант IMES GmbH (Kaufbeuren, Germany). ORCID: http://orcid.org/0000-0001- 6730-0380; roman.varbanets@gmail.com.

УДК 621.436:629.128.6

ДІАГНОСТУВАННЯ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0

Варбанець Р. А., Мінчев Д. С., Кучеренко Ю. М., Коваленко В. О.
Одеський національний морський університет

Анотація. *Сучасні технології четвертої промислової революції все ширше застосовуються в усіх сферах діяльності людства. Вони дозволяють надати нові можливості вже існуючим технічним рішенням, суттєво збільшивши їх ефективність. Зокрема застосування ключових технологій industry 4.0 сприяють створенню нового покоління портативних систем діагностування суднових двигунів внутрішнього згоряння. Використання технологій бездротового зв'язку та хмарних обчислень збільшують можливості системи та зменшують її вартість. Технологія цифрового двійника дозволяє більш ефективно аналізувати отримані дані та точніше ідентифікувати поточний технічний стан двигуна. Паралельний аналіз даних з сенсору тиску в циліндрі двигуна та віброакустичного сенсору суттєво збільшують можливості запропонованої портативної системи діагностування.*

Специфіка експлуатації суднових двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) полягає в тому, що їх можливі несправності та відмови призводять до суттєвих ризиків для екіпажу, вантажу і судна в цілому. Вказані несправності є небажаними як під час переходу судна від одного порту до іншого, так і під час маневрування в акваторії порту і при експлуатації судна в контрольованих екологічних зонах (ECA). Так, внаслідок несправностей паливної апаратури, агрегатів наддуву, системи повітропостачання, тощо, двигун може не задовольняти вимогам щодо рівня шкідливих речовин у відпрацьованих газах, що призводить до суттєвих фінансових штрафів при експлуатації судна у вказаних зонах.

Саме тому правилами класифікаційних товариств та правилами експлуатації суден передбачений регулярний контроль технічного стану головних та допоміжних двигунів, а також вчасне проведення регламентного технічного обслуговування (Planned Maintenance System).

Судновласники є найбільшими інтересантами забезпечення справного стану двигунів судна, тому прагнуть застосовувати системи моніторингу та діагностування технічного стану двигунів, і постійно їх оновлювати. Виробники двигунів внутрішнього згоряння в свою чергу також встановлюють на сучасні двигуни системи автодіагностики, моніторингу та аварійного попередження про несправності.

Широке застосування та популярність у старших механіків багатьох суднохідних компаній мають портативні системи діагностування робочого процесу суднових ДВЗ, таких як MarPRIME (Maridis Gmbh), IMES EPM-XP, DK-20 (Icon Research), Premet X (CM Technologies), DEPAS Handy, тощо. Вони забезпечують індиціювання робочих циліндрів двигуна, частина з них додатково обладнується вібраційним сенсором, який дозволяє фіксувати моменти закриття клапанів системи газообміну двигуна та моменти початку та кінця подачі палива паливними форсунками. Такі системи є відносно дешевими і дозволяють суттєво збільшити якість експлуатації суднових двигунів.

Подальший розвиток портативних систем діагностування суднових двигунів полягає в інтеграції технологій, притаманних індустрії 4.0. Найбільш важливими серед них є наступні: використання хмарних обчислень, застосування цифрових двійників, використання бездротової передачі даних, застосування машинного інтелекту.

У даній роботі розглядається перспективи створення переносних систем діагностики суднових дизелів внутрішнього згоряння з застосуванням вказаних технологій.

Застосування сучасних технологій бездротового зв'язку та хмарних обчислень. Запропонована концепція нового покоління портативних систем діагностики суднових двигунів передбачає використання можливостей бездротової передачі даних від сенсорів до обчислювального пристрою та інтернету-зв'язку, завдяки якому здійснюється періодичне оновлення програмного забезпечення, зберігання даних та їх подальша «хмарна» статистична обробка. Схематично основні компоненти концепції системи та принцип її застосування показаний на рис. 1.

Як обчислювальний пристрій пропонується використовувати смартфон, що дозволяє зменшити вартість системи та отримати досить високі обчислювальні потужності, які притаманні сучасним пристроям даного типу.

Таким чином, функціонально система складається з сенсорів, контролеру збору та передачі даних і обчислювального пристрою (смартфону, планшету, тощо). В якості сенсорів використовуються сенсори тиску в циліндрі двигуна, віброакустичний сенсор та температурний сенсор. Передача даних між контролером збору даних та обчислювальним пристроєм здійснюється бездротовим зв'язком (технологія Bluetooth). Обчислювальний пристрій має доступ до мережі інтернет.

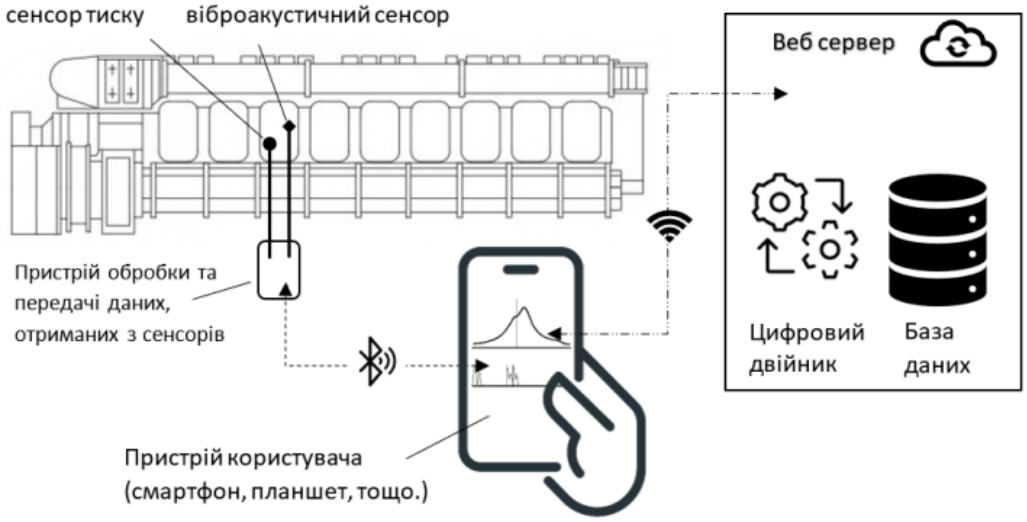


Рис. 1 – Концепція портативної системи діагностування

Зберігання діагностичних даний, їх статистична обробка та аналіз з використанням потужностей цифрових двійників забезпечується доступом з пристрою користувача до серверу через мережу інтернет.

До важливих переваг запропонованої концепції слід віднести можливість моніторингу внутрішньоциліндрових процесів в режимі умовного реального часу безпосередньо підчас виконання вимірювань. Основні конкурентні переваги системи реалізуються за рахунок розвинутого програмного забезпечення, яке може швидко і зручно оновлюватися з урахуванням реального досвіду застосування системи на практиці.

Використання технології цифрового двійника. Цифровим двійником є віртуальна репрезентація об'єкту дослідження, яка копіює його поведінку в заданих технічним завданням функціональних рамках. Слід зазначити високу інтенсивність впровадження цифрових двійників різних типів в різних сферах.

У контексті діагностування поточного технічного стану суднових двигунів внутрішнього згоряння одним з потенційно високоефективним інструментом є цифровий двійник, що відображає робочі процеси в двигуні та його системах. Такий цифровий двійник може бути реалізований у вигляді програмного забезпечення на пристрої користувача або бути доступним онлайн. Можливість синтезу робочих процесів двигуна з використанням даних, отриманих з сенсорів системи діагностування, забезпечує широкі можливості щодо отримання додаткової діагностичної інформації. Зокрема такий підхід дозволяє більш точно ідентифікувати причину відхилень двигуна від справного стану,

визначити параметри, які складно або неможливо вимірювати в даних конкретних умовах, здійснювати нормування отриманих діагностичних даних з урахуванням експлуатаційних умов під час проведення вимірів. На рис. 2 показана принципова схема використання цифрового двійника робочих процесів суднового двигуна для підвищення ефективності його експлуатації.

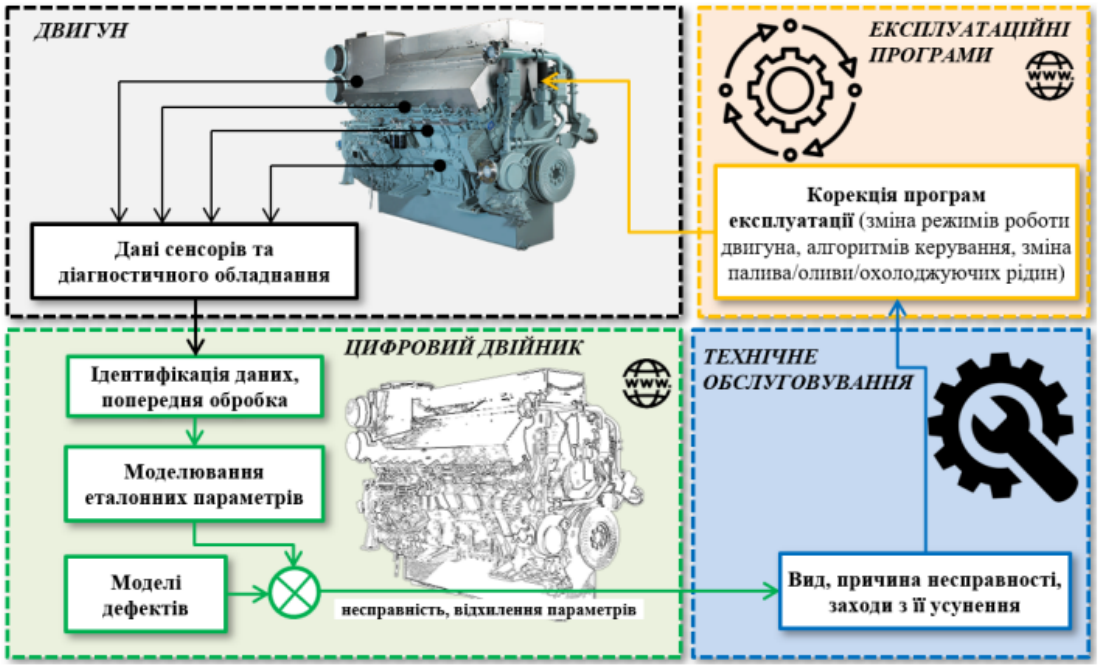


Рис. 2 – Застосування цифрового двійника в процесі експлуатації суднового двигуна внутрішнього згоряння

У лабораторії кафедри СЕУ та ТЕ ОНМУ створюється дослідний стенд на базі суднового дизель-генератора Weichai WP4, який обладнується необхідними вимірювальними засобами та контролерами для дослідження можливостей використання цифрового двійника робочих процесів суднового двигуна протягом його експлуатації [1]. Схема дослідного стенду показана на рис. 3, а на рис. 4 наведена принципова схема системи вимірювання основних показників роботи двигуна. Забезпечується вимірювання як швидкозмінних (тиск у циліндрі двигуна та в елементах паливної апаратури), так і інтегральних параметрів, що характеризують роботу двигуна. Отримані дані використовуються для аналізу з використанням цифрового двійника і отримання діагностичної інформації щодо поточного технічного стану двигуна [5].

Ядром цифрового двійника є математична модель робочих процесів в двигуні та його системах. Дана модель має забезпечувати синтез робочих процесів двигунів різних типів з необхідною точністю, забезпечувати швидкі розрахунки та бути доступною для опанування. Математична модель вільно доступна у вигляді он-лайн сервісу Blitz-PRO на сервері ОНМУ [7].

Серед важливих особливостей сервісу Blitz-PRO відзначимо наступні:

• синтез як усталених так і неусталених режимів роботи ДВЗ з іскровим запалюванням, запалюванням від стиснення та двопаливних двигунів;

• розрахунок утворення шкідливих речовин в циліндрі двигуна при згорянні за рахунок застосування двозонної моделі робочого тіла;

• використання моделі вигоряння палива в дизельних двигунах, яка запропонована М.Ф. Разлейцевим, в яку внесені важливі удосконалення [1];

• моделювання параметрів агрегатів наддуву з використанням характеристик компресора та турбіни турбокомпресора дозволяє здійснювати замкнутий синтез робочого процесу комбінованого двигуна, враховуючи такі специфічні явища, як помпаж турбокомпресора [4].

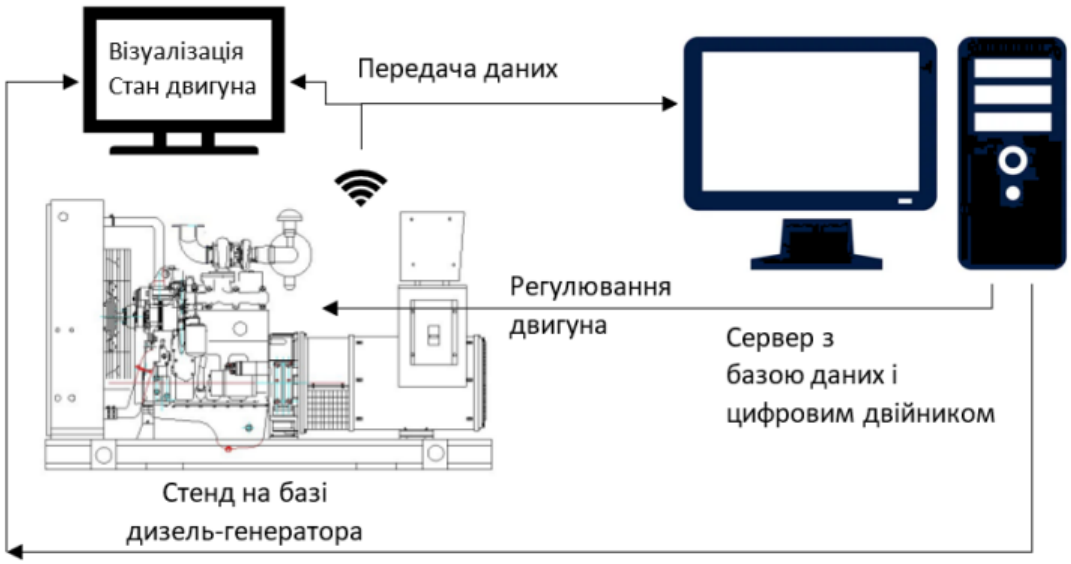


Рис. 3 – Принципова схема дослідного стенду на базі суднового дизель-генератора з інтеграцією цифрового двійника

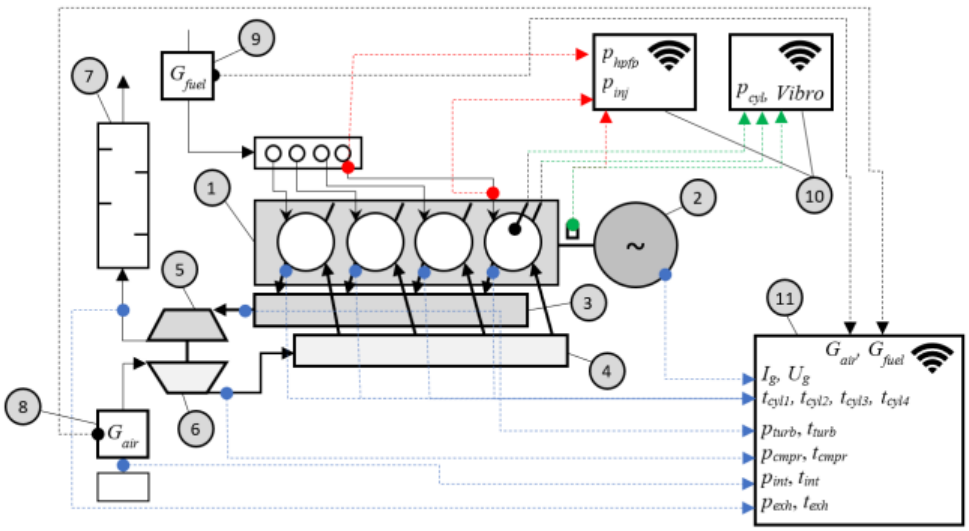


Рис. 4 – Система системи вимірювання випробувального стенду: 1 – двигун; 2 – генератор змінного стуму; 3 – випускний колектор; 4 – впускний ресивер; 5 – турбіна; 6 – компресор; 7 – глушник; 8 – датчик витрати повітря; 9 – датчик витрати палива; 10 – перетворювачі та передатчики сигналів сенсорів, що мають високу частоту; 11 – перетворювачі та передатчики сигналів сенсорів, що мають невисоку частоту.

Застосування розвинутого аналізу віброакустичного сигналу від двигуна. Важливим ноу-хау запропонованої системи є використання віброакустичного сенсору паралельно з сенсором тиску в циліндрі двигуна. Така технологія забезпечує можливість фіксації фаз газорозподілу та впорскування палива безпосередньо під час роботи двигуна [2, 3, 6]. Крім того, запропоновані методи, які дозволяють діагностувати стан турбокомпресора, форсунок подачі лубрикаторної оливи на циліндрову втулку двигуна шляхом аналізу віброакустичного сигналу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Minchev D., Varbanets R., Shumylo O., Zalozh V., Aleksandrovskaya N., Bratchenko P., Thanh Hai Truong. Digital twin test-bench performance for marine diesel engine applications. Polish Maritime Research. 2023. Vol. 30, № 4 (120). P. 81–91. DOI: 10.2478/pomr-2023-0061.

2. Varbanets R., Shumylo O., Marchenko A., Minchev D., Kyrnats V., Zalozh V., Brusnyk R., Volovyk K. Concept of vibroacoustic diagnostics of the fuel injection and electronic cylinder lubrication systems of marine diesel engines. Polish Maritime Research. 2022. № 4. C. 88–96. DOI: 10.2478/pomr-2022-0046.

3. Neumann S., Varbanets R., Minchev D., Malchevsky V., Zalozh V. Vibrodiagnostics of marine diesel engines in IMES GmbH systems. Ships and Offshore Structures. 2022. P. 1–12. DOI: 10.1080/17445302.2022.2128558.

4. Minchev D. S., Gogorenko O. A., Varbanets R. A., Moshentsev Y. L., Píštěk V., Kučera P., Shumylo O. M., Kyrnats V. I. Prediction of centrifugal compressor instabilities for internal combustion engines operating cycle simulation. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2022. P. 1–12. DOI: 10.1177/09544070221075419.

5. Minchev D., Varbanets R., Aleksandrovskaya N., Pisintsaly L. Marine Diesel Engines Operating Cycle Simulation for Diagnostics Issues. Acta Polytechnica. 2021. № 3. P. 428–440. DOI: 10.14311/AP.2021.61.0435.

6. Varbanets R., Fomin O., Píštěk V., Klymenko V., Khrulev A., Minchev D., Zalozh V., Kučera P. Acoustic Method for Estimation of Marine Low-Speed Engine Turbocharger Parameters. Journal of Marine Science and Engineering. 2021. № 3. P. 1–13. DOI: 10.3390/jmse9030321.

7. Blitz- PRO by D. S. Minchev. User’s manual. URL: http://blitzpro.zeddmalam.com/extra/T utorial/Help.pdf.

МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ СУДНА ЗА ДОПОМОГОЮ КОНВЕЄРНИХ ВАГ

Дранчук С. М.[1], Завадський В. А.[2], Харченко Р. Ю.[2], Цацко В. І.[1]
[1]Одеський національний морський університет
[2]Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. В морський галузі виконують завантаження судна сипучими матеріалами за допомогою конвеєрних ваг. Для визначення кількості завантаженого вантажу в трюм судна необхідне виконувати одночасне замірювання як поточної ваги на ваговій платформі, так і швидкості пересування стрічки конвеєра. Крім того на процес завантаження впливає як неоднорідність сипучого матеріалу, так і нерівномірність руху стрічки конвеєра. Тому необхідне одночасно і синхронно вимірювати ці параметри. Аналіз алгоритму та структурної схеми пристрою дозволяє покращити якість вимірювання маси вантажу та підвисити точність вимірювання, що важливо з економічної точки зору.

Вимірювання поточної ваги за допомогою конвеєрних ваг. Зазвичай для вимірювання ваги вантажу використовуються тензометричні датчики (ТД), вихідний сигнал яких є аналоговим з вихідною напругою на рівні десятків мілівольт. Такі датчики встановлюються безпосередньо на ваговій платформі конвеєрних ваг, що розташовані на пірсу, тоді як отриману інформацію необхідне передавати оператору, який знаходиться за сотні метрів від місця завантаження. Це викликає ряд труднощів, які пов’язані з електромагнітними перешкодами.

Для вирішення цих труднощів ефективно використання блоку аналогового-частотного перетворення (БАЧП) перетворювача „напруга – частота”, що перетворює вихідний аналоговий сигнал датчика у частотний сигнал типа меандр [1]. Такий перетворювач розташовується поблизу вимірювального датчика, а частотний сигнал, частота якого прямо пропорційна вихідному сигналу датчика по лінії передається на значну відстань без втрати інформації у вимірювальний пристрій. Якщо частота такого сигналу невисока (менш 1 МГц), то спеціальні вимоги для кабелю передачі відсутні. Більш того якщо для живлення блоку перетворювання вихідного аналогового сигналу датчика використовувати джерело струму, то можливо для живлення блоку і датчика, а також для передачі вихідного сигналу використовувати тільки два дроти, тобто сумістити канал живлення і інформаційний канал.

Для визначення швидкості пересування смуги конвеєра зазвичай використовується датчик швидкості (ДШ), вихідний сигнал якого має частоту, яка пропорційна швидкості пересування смуги конвеєра, але має довільну амплітуду.

Основний принцип контролю ваги при завантаженні судна сипучими матеріалами за допомогою конвеєрних ваг наступний (рисунок 1). Сипучий матеріал, який необхідно завантажити в трюм судна, знаходиться у бункері, звідки він висипається на стрічку конвеєра. Стрічка конвеєра за допомогою електродвигунів по роликах пересувається з постійною швидкістю. Довжина конвеєру може досягати десятки метрів. З другого кінця стрічки сипучий матеріал під власною вагою зсипається у трюм судна. Для визначення маси вантажу в конвеєрні ваги вбудовується вагова платформа заданої довжини, яка розміщується на чотирьох тензометричних датчиках (ТД), аналоговий сигнал яких пропорційний ваги сипучого вантажу, який знаходиться у даний момент часу на ваговій платформі. Вага вантажу P, який було завантажено у трюм судна дорівнює [2]:

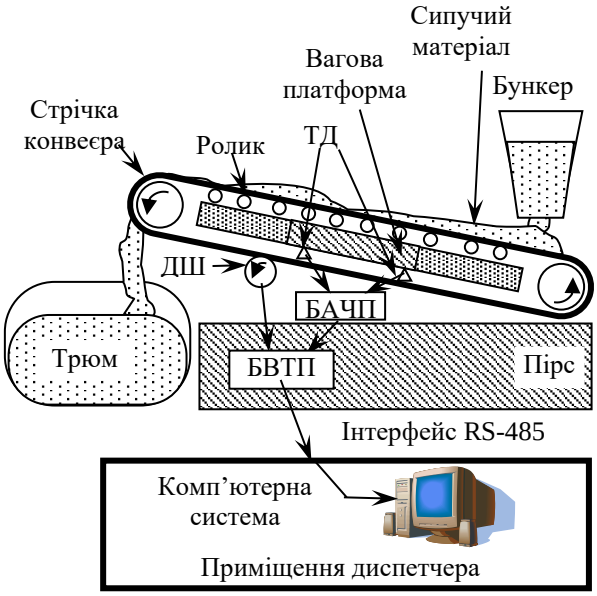


Рисунок 1 – Схема завантаження судна сипучими матеріалами за допомогою конвеєрних ваг

$$P = K_{ДШ} \cdot f_{ДШ} \cdot K_{ТД} \cdot \frac{(f_{B1} - f_{B0})}{l} \cdot t \,. \qquad (1)$$

де $K_{ТВ}$ – коефіцієнт перетворення тензометричного датчику; f_{B1} – частота вихідного сигналу БАЧП при наявності вантажу на стрічці; f_{B0} – частота вихідного сигналу БАЧП при відсутності вантажу на стрічці; l – довжина вагової платформи; $K_{ДШ}$ – коефіцієнт перетворення датчику швидкості; $f_{ДШ}$ – частота вихідного сигналу датчика швидкості.

З виразу (1) слідує, що для визначення ваги вантажу, який завантажується у трюм судна, необхідне за короткий фіксований час вимірювати синхронно і безперервно частоту датчика швидкості і частоту БАЧП з високою точністю з послідуючим послідовним складанням отриманих значень ваги вантажу за час вимірювання до закінчення часу завантаження судна. Отримана інформація обробляється за допомогою блоку вимірювача тензометричних параметрів (БВТП), який розташований поблизу БАЧП. Отримана інформація після обробки передається у символьному вигляді по інтерфейсу RS-485 у приміщення диспетчера, яке може знаходитися на значній відстані від пірсу і в якому проводиться поточний контроль процесу завантаження судна.

Методи вимірювання частотних сигналів від БАЧП та датчика швидкості. Для перетворювання частоти від БАЧП у цифровий код вигідно використовувати метод прямого підрахунку кількості вхідних імпульсів N за фіксований час виміру T_0, оскільки вихідна частота БАЧП змінюється від 2 до 25 кГц, що дає змогу отримати точність вимірювання до 0,02 %. Для вимірювання .частоти слідування імпульсів від датчика швидкості більш підходить метод вимірювання періоду, оскільки частота слідування імпульсів від датчика швидкості складає звичайно від 0,1 до 5 Гц [3].

Для синхронного заміру частоти від БАЧП та датчика швидкості півперіод частотного сигналу від датчика швидкості використовується як фіксований час T_0, для вимірювання части від БАЧП. Розрахунки показують, що при максимальній швидкості пересування стрічки конвеєрних ваг V=5 м/с, мінімальний фіксований час T_0 складає:

$$T_{\min} = \frac{2 \cdot N}{K_{ДШ} \cdot V} = \frac{2 \cdot 8}{13 \cdot 5} = 0{,}246 \; c \,, \qquad (2)$$

де N=8 – коефіцієнт ділення двійкового лічильника мікроконтролера;

$K_{ДШ}$ =13 – коефіцієнт перетворення датчика швидкості

Найменша точність визначення частотного сигналу БАЧП для мінімальної частоти БАЧП $f_{\min}$ =2500 Гц і мінімального періоду частотного сигналу датчика швидкості $T_{\min}$ визначається як:

$$\delta = \frac{100}{(2 \cdot f_{\min} \cdot T_{\min}) / T_{\min}} = \frac{100}{2 \cdot 2500} = 0{,}02\,\%, \qquad (3)$$

і є достатньо високою.

Блок вимірювача тензометричних параметрів (БВТП). Пристрій для вирішення поставленої задачі можливо побудувати на основі мікроконтролеру, який повинен мати: таймери для завдання необхідних інтервалів часу при вимірюванні частоти, систему зовнішніх переривань, інтерфейс типу USART, який буде використовуватися для зв'язку с

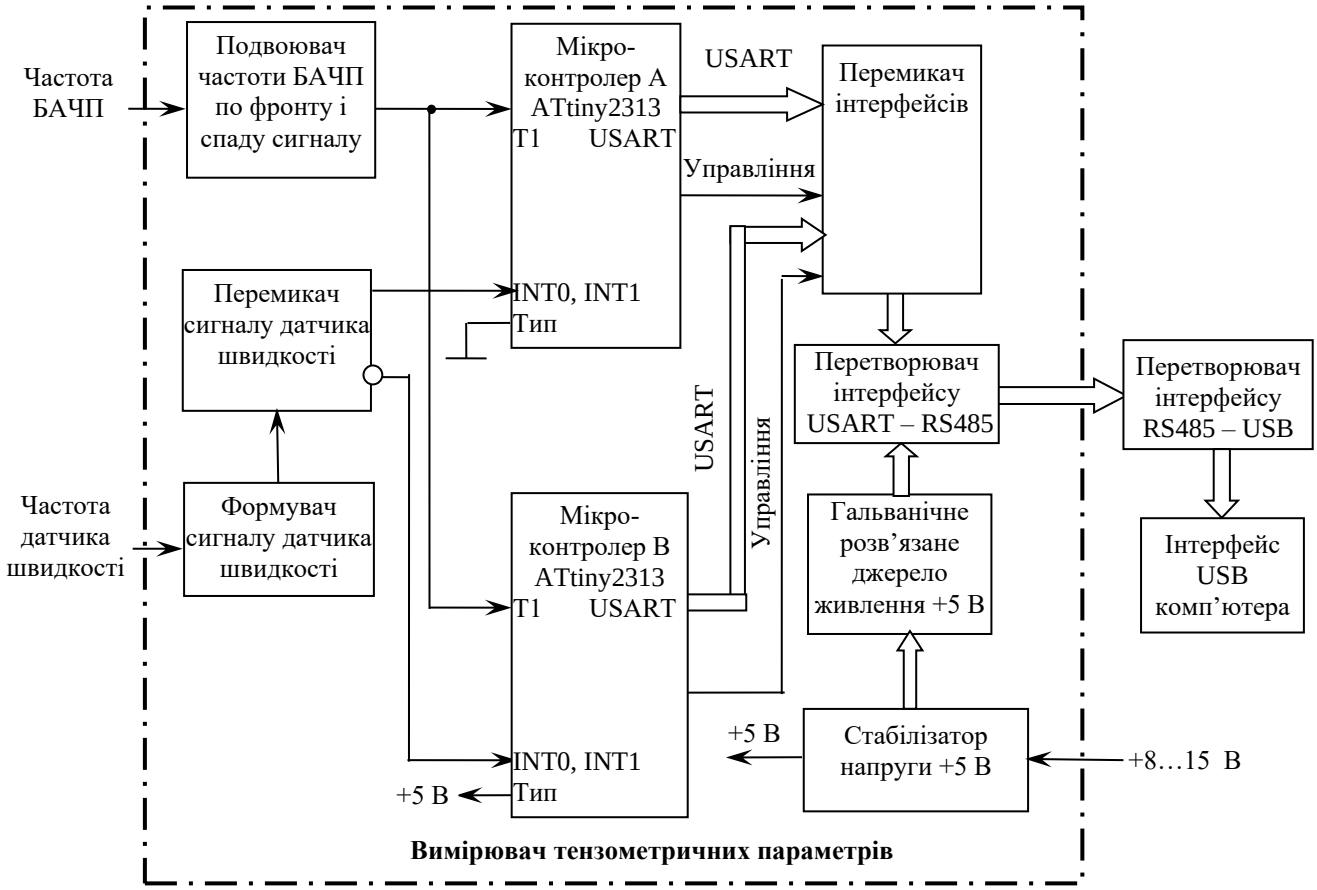


Рисунок 2 – Структурна схема пристрою вимірювання тензометричних параметрів від конвеєрних ваг

ПЕОМ по протоколу інтерфейсу RS-485. Згідно цим доганам було вибрано RISC мікроконтролер фірми Atmel типу ATtiny2313 [4]. Структурна схема цього блоку наведена на рисунку 2.

Частотні сигнали поступають на формувачі, які забезпечують формування частотного сигналу типа «меандр». Це дає змогу використовувати два однакових мікроконтролера, що дозволяє забезпечити безперервність отримання телеметричної інформації. Якщо мікроконтролер А вимірює частоту БАЧП, то мікроконтролер В у цей час обробляє і передає оброблену інформацію по інтерфейсу RS485 у комп'ютерну систему контролю процесу завантаження судна і навпаки. Програмне забезпечення обох мікроконтролерів однакове, а особливості програмного забезпечення для різних мікроконтролерів визначаються по входу «Тип». Увесь пристрій живеться від

нестабілізованого джерела постійної напруги від 9 до 15 В, тому в пристрої знаходиться стабілізатор напруги на +5 В.

В роботі був розроблений алгоритм роботи цього блоку, який був реалізований на мові асемблера і дозволяє виконувати безперервно вимірювання частотного сигналу БАЧП, який пропорційний аналоговому сигналу тензометричних датчиків і відповідно ваги сипучого вантажу, який знаходиться на ваговій платформі, а також частоти вихідного сигналу датчика швидкості. Заміряні дані передаються по інтерфейсу RS-485 в комп'ютер у символьному вигляді,, де розраховується вага сипучого вантажу за кожне вимірювання і накопичення результуючої ваги [5, 6].

Тестування блоку вимірювача тензометричних параметрів (БВТП). Проведення тестування пристрою отримання тензометричної інформації показало наступне:

1. Нерівномірність руху стрічки конвеєра складає 1–1,5 %.
2. При розвантаженні стрічки конвеєра можливо виникнення коливань вагової платформи.
3. При навантаженні стрічки швидкість її руху зніжується приблизно на 1 %, а при розвантаженні – підвищується теж приблизно на 1 %.
4. Точність вимірювання миттєвої продуктивності знаходилася у межах 0,3…0,4%.

Таким чином даний пристрій отримання тензометричної інформації дозволяє контролювати процес завантаження судна конвеєрними вагами з сипучими матеріалами з точністю ±0,25…0,3 % і дозволяє використовувати його в комп'ютерних системах контролю завантаження судна.

Висновки. У роботі розв'язано науково-прикладне завдання розроблення структурної схеми пристрою та алгоритму його роботи, що дозволяє синхронно і безперервно вимірювати масу сипучого матеріалу, що завантажується в трюм судна за допомогою конвеєрних ваг. Це дає змогу отримати точність вимірювання близько 0,3 % та проводити візуальний моніторинг процесу завантаження судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zavadsky, V. A., Kharchenko, R. Yu., Dranchuk, S. M., & Tsatsko, V. I. (2021). Device for investigating thermal stability of characteristics of voltage-to-frequiency converters. Tekhnologiya i Konstruirovanie v Elektronnoi Apparature, 3–4, 9–16. https://doi.org/10.15222/tkea2021.3-4.09.

2. Кошевой Н. Д., Черепащук Г. А., Калашников Е. Е. Оцінка точності безперервного дозування сипучих матеріалів. Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2008, №1 (28), с. 143–147.

3. Завадський В. А., Харченко Р. Ю., Дранчук С. М., Цацко В. І., Гаур Т. О. Прилад для вимірювання сигналів конвеєрних ваг при завантаженні судна сипучими матеріалами. Технологія та конструювання в електронній апаратурі, 2023, № 1–2, с. 50–59. http://dx.doi.org/10.15222/TKEA2023.1-2.50.

4. ATtiny2313. Datasheet. Електронний ресурс. https://ww1.microchip.com/ downloads/en/devicedoc/doc2535.pdf.

5. Shi L., He J., Wu G. et al. Measuring system and method for auto-loading of bulk cargo. Proceedings Volume 7128, Seventh International Symposium on Instrumentation and Control Technology: Measurement Theory and Systems and Aeronautical Equipment, 2008, 71280Z. https://doi.org/10.1117/12.806622.

6. Mansur V., Pershin V. F. Development of a method for weight continuous dosing of bulk materials and its implementation analysis. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 2023, no.1 (754), pp. 33–41. https://doi.org/10.18698/0536-1044-2023-1-33-41.

ПЕРСПЕКТИВНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ GPS-ПОЗИЦІОНУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНИХ ЕФЕКТІВ ТА ПАРАМЕТРІВ ІОНОСФЕРИ

Надуєв А. А., Калашник Г. А.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Відповідно до концепції ICAO CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management) [1] супутникові навігаційні системи є основним засобом навігації повітряних суден (ПС) цивільної авіації (ЦА). Глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) дозволять відмовитись від прив'язки ПС до наземних засобів навігації і здійснити зональну навігацію (RNAV-Area Navigation), яка буде базуватись на принципі здійснення польоту по будь-якій траєкторії в межах дії бортових навігаційних засобів, але це потребує підвищення якості навігаційного забезпечення ПС.

Актуальність дослідження. В сучасних умовах особливе значення для сфери авіації відіграє забезпечення ефективності прийому навігаційного сигналу та точності позиціонування систем супутникової навігації одночастотними приймачами при впливі нерегулярних варіацій космічної погоди [2, 3] та впровадження сучасних методів оцінки стану іоносфери для прогнозування умов розповсюдження радіохвиль на заданих радіотрасах.

Постановка завдання. Основною характеристикою іоносфери, що впливає на параметри навігаційного сигналу (НС), є повний електронний вміст (ПЕВ). Величина іоносферної похибки пропорційна ПЕВ і включає фазове випередження і групову затримку, доплерівський зсув частоти, обертання площини поляризації радіохвилі. Величина ПЕВ залежить від сезону, часу доби, рівня геомагнітної та сонячної активності. Крім того, є просторові варіації значень ПЕВ. Наявні методи компенсації іоносферної похибки по-різному усувають регулярну складову варіацій ПЕВ в іоносфері. У ГНСС GPS для цього використовується емпірична модель Клобучара. Залишкова похибка іоносферної затримки при використанні цієї моделі становить 43-67%. Хоча сучасні обчислювальні потужності дозволяють розраховувати значення іоносферної затримки сигналу безпосередньо із модельних траєкторних розрахунків із використанням максимально наближеної до реальності моделі іоносфери. Останнім часом з'явилася реальна можливість використання ГНСС для дистанційного зондування параметрів іоносфери, оскільки вони мають високу частотну стабільність сигналу, широке покриття та їх траєкторні параметри відомі з високою точністю. Тому важливим науково-практичним завданням є вивчення перспективних підходів до вирішення завдання підвищення точності GPS-позиціонування з урахуванням впливу атмосферних ефектів, параметрів іоносфери та величини іоносферної затримки радіосигналу.

Результати досліджень. Атмосферні ефекти, зокрема, тропосферна затримка є однією з причин появи значних помилок при позиціонуванні. Виділивши тропосферну затримку та оцінивши значення сухої компоненти, використовуючи додаткові дані про метеопараметри, можна перетворити вологу компоненту на інтегральну міру вологості повітря [4]. Тому дослідження тропосферної затримки в просторово-часової області може бути застосоване для моделювання розповсюдження електромагнітних сигналів на трасі розповсюдження.

При розгляді коефіцієнта заломлення атмосфери можна визначати регулярні і випадкові складові. Основною проблемою є усунення регулярних ефектів, які можуть призводити до зменшення точності ГНСС-вимірювань, пов'язаних з тим, що швидкість поширення сигналу в атмосфері не збігається зі швидкістю світла у вакуумі, при цьому довжина викривленого через ефект рефракції шляху поширення сигналу більша, ніж геометрична довжина.

Метод надмірних одночастотних вимірювань передбачає вимірювання сигналів від більш ніж 8 навколоземних космічних апаратів (НКА). За рахунок усереднення просторових характеристик іоносфери можна досягти значного (до 50%) зниження іоносферної похибки [3].

Двочастотний метод заснований на тому, що навігаційні сигнали, що випромінюються одним НКА на частотах L1 і L2, прийняті двочастотним приймачем, зазнають практично однакового заломлення в іоносфері. Тому віднімання псевдодальностей, виміряних за цими сигналами одним і тим самим приймачем, практично повністю виключає похибку. Метод компенсує до 95% іоносферної затримки, проте найвитратніший через використання дорогої двочастотної навігаційної апаратури споживача (НАС) [4].

Незважаючи на те, що на даний момент накопичений великий обсяг теоретичних оцінок і експериментальних даних про процеси, що протікають в іоносферній плазмі, і про просторовий розподіл концентрацій її складових, точність передбачення поведінки параметрів іоносфери, в тому числі незбуреної, в переважній більшості геліогеофізичних умов дуже низька [3]. Найменш вивченою досі залишається нижня частина іоносфери (h <100 км).

Всі моделі іоносфери можна розбити на дослідницькі та прикладні. Перші є в основному теоретичними і дуже складними, включають велику кількість фізико-хімічних і динамічних процесів, охоплюють широкий діапазон висот аж до магнітосферних. На таких моделях або уточнюють існуючі уявлення про середовище, або виявляють нові механізми, що впливають на іоносферу в рамках сонячно-земних зв'язків («зверху-вниз») або літосферно-атмосферно-іоносферних взаємодій («знизу-вгору») [4].

Існуючий широко використовуваний детермінований підхід до опису іоносферних шарів не дозволяє описувати нерегулярність і безперервну мінливість параметрів іоносфери (зокрема, D-області), тому подібне середовище може бути коректно описане лише ймовірності статистичними моделями [4].

Концепція контролю стану верхньої атмосфери (ВА) базується на комплексному використанні результатів спостережень, що виконуються на космічних апаратах разом із наземними вимірами, з проведенням оперативних розрахунків параметрів ВА за допомогою комплексу атмосферно-іоносферних моделей. Цей комплекс має поєднувати у собі чисельні та емпіричні моделі верхньої атмосфери та іоносфери, моделі вітру, електричного, геомагнітного та гравітаційного полів Землі, доповнені блоками розрахунків збурень. Комплекс програм дозволяє провести розрахунки параметрів верхньої атмосфери за довільною заданою просторовою та часовою мережею [5].

Імовірнісно-статистичні моделі дозволяють отримувати щільність ймовірності іоносферних параметрів (у тому числі, електронної концентрації) у різних геліогеофізичних умовах. Отримані щільності ймовірності використовуються при розрахунку ймовірності амплітуди і фази хвилі на вибраних трасах і частотах в різних умовах сонячної і магнітної активності, на різних широтах, в різні сезони і часи доби.

В іоносфері, де фазовий коефіцієнт заломлення в радіодіапазоні менше одиниці і залежить від частоти, ці ефекти призводять до групового запізнення і фазового випередження радіосигналів [4]. Завдяки дисперсійним властивостям іоносфери є можливість виключення її впливу на основі вимірювань на різних несучих частотах [4]. Для корекції іоносферної затримки розроблено методику розрахунку траєкторій у частотному діапазоні навігаційних супутників [5].

Перспективним підходом є на основі чисельного моделювання визначати оптимальні параметри чисельних методів для розрахунку траєкторій поширення радіохвилі стосовно трас «навігаційний супутник – GPS-приймач» та діапазону частот, що використовується. Для цього необхідними умовами є: 1) використання сучасних моделей іоносфери з можливістю корекції основних іоносферних параметрів; 2) розрахунок

траєкторій проводити шляхом чисельного розв'язання розширеної системи характеристичних рівнянь на основі наближення геометричної оптики.

В основу розробки методів прогнозу стану іоносфери доцільно взяти побудову послідовного ряду імітаційних моделей іоносферних нестійкостей, що ускладнюються. Це дозволить математично «програвати» ряд сценаріїв змін у верхній та середній атмосфері, зокрема, за різних умов геліогеофізичного збурення навколоземного космічного простору.

Висновок. Розглянуто перспективні підходи до вирішення завдання підвищення точності GPS-позиціонування з урахуванням впливу атмосферних ефектів, параметрів іоносфери та величини іоносферної затримки радіосигналу. Перш за все, потрібне впровадження технології імітаційного моделювання розрахунку іоносферних нестійкостей у системі геліогеофізичного моніторингу для потреб цивільної авіації України, яка сьогодні, нажаль, відсутня в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. International Civil Aviation Organization Doc. 9719. *Report on the world wide CNS / ATM Systems Implementation Conference* , Rio de Janerio 11–15 May 1998: ICAO Publications, 58 p.

2. Калашник Г. А., Калашник-Рибалко М. А. Основні заходи щодо забезпечення ефективного функціонування систем управління, зв’язку та навігації в умовах впливу деструктивних геліогеофізичних збурень. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України*. 2018. №1. С. 92–98. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2018_1_15 http://10.30748/nitps.2018.30.13.

3. Kalashnyk G., Kalashnyk-Rybalko M.A. Research of the optimal geometry of the location of antenna systems of single-frequency receivers of aircraft navigation signals under the influence of space weather. *Conference Proceedings, International Conference “GeoTerrace-2022”*, 3–5 October 2022, Lviv, Ukraine, V. 2022. p. 1–5. DOI: https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590034.

4. Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard, U.S. Department of Defense, October, 2008. 160 p. http://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf.

5. Bilitza D., Altadill D., Reinisch B, Galkin I., Shubin V., Truhlik V. The International Reference Ionosphere: Model Update 2016. *Geophysical Research Abstracts.* V. 18. EGU2016-9671. 2016.

ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Олійник К. М., Калашник Г. А.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Вступ. Повітряні лінії електропередач (ЛЕП) є важливою складовою електричної мережі. Однією з вимог до ЛЕП є забезпечення надійності електропостачання [1, 2]. Аварії на ЛЕП потенційно можуть супроводжуватися серйозними наслідками. Крім того, чим довше ЛЕП перебуває у неробочому стані, тим більше буде збиток. Регулярний моніторинг важливих об'єктів інфраструктури за допомогою БПЛА забезпечить стабільну та ефективну роботу підприємств, заощадить кошти та час на пошук і виявлення несправностей.

Актуальність досліджень. Лінії електропередач (ЛЕП) є досить вразливими конструкціями. Є різні причини, через які може перерватися надходження електроенергії: сильний вітер, обледеніння, старіння конструкцій, фізичне втручання чи незаконні дії, навмисне порушення під час ворожих обстрілів, падіння дерев, просідання ґрунту, розломи земної кори можуть підірвати цілісність та працездатність конструкцій [3]. Щоб уникнути всіх цих ситуацій, необхідний регулярний моніторинг ЛЕП за допомогою БПЛА. Для забезпечення якісного результату необхідно підбирати оптимальну комплектацію і тип безпілотного літального апарату.

Постановка завдання. За допомогою БПЛА можна вирішити такі нагальні завдання для процесу моніторингу ліній електропередач: 1) аналіз технічного стану елементів ЛЕП; 2) контроль безпечної роботи електропідстанцій; 3) створення електронних карт з координатами всіх об'єктів ЛЕП. Але необхідним є аналіз відповідності можливостей БПЛА (за даними відкритих джерел) вимогам щодо ефективного виконання завдань на проведення моніторингу ліній електропередач.

Результати досліджень. Було проведено аналіз відповідності можливостей кількох десятків БПЛА літакового та вертолітного типу (за даними відкритих джерел) вимогам щодо виконання завдань на проведення моніторингу повітряних ліній електропередач.

Основні вимоги щодо проведення моніторингу ліній електропередач визначаються часом, відведеним на їх проведення; переліком обстежуваних об'єктів та характеристик; просторовими розмірами ділянки для моніторингу; діапазоном висот досліджуваних об'єктів, а також необхідної деталізацією інформації, що знімається.

Порівняльна оцінка застосування БПЛА для вирішення завдань моніторингу повітряних ЛЕП проводилася за такими характеристиками:

1) льотно-технічні характеристики: дальність дії комплексу, тривалість польоту, діапазон висот застосування, діапазон крейсерських швидкостей, можлива тривалість вирішення завдання у заданому районі за призначенням (пошук, виявлення, розпізнавання заданих об'єктів, можливість зависання над обстежуваними об’єктами, визначення їх координат та характеристик);

2) характеристики БПЛА та силової установки: габаритні розміри (довжина, висота, розмах), тип двигуна та його характеристики (обсяг, потужність, витрата та запас палива, ресурс), максимальні злітна маса та вага корисного навантаження;

3) метеорологічні умови застосування комплексу з БПЛА: граничні значення складових швидкості вітру біля поверхні землі і на висотах; діапазон температур зовнішнього повітря, граничні експлуатаційні значення вологості, можливість застосування в умовах небезпечних явищ погоди;

4) експлуатаційні характеристики: склад комплексу, наявність засобів транспортування, склад розрахунку, час розгортання комплексу, вид зльоту та посадки, злітна та посадкова дистанція;

5) додаткові відомості: характеристики штатного обладнання, можливість встановлення змінних цільових навантажень, засоби зв'язку, обробки та передачі інформації, орієнтовна ціна та вартість експлуатації комплексу.

За результатами проведеного аналізу були сформульовані основні вимоги до БПЛА для ефективного проведення моніторингу стану ЛЕП: можливість зависання для детального моніторингу досліджуваних об’єктів, можливість вертикального зльоту для завдань з обмеженою злітно-посадковою площею; можливість робити фронтальні знімки об'єктів. Всі інші параметри БПЛА можна віднести до вторинних. Безумовно, відіграють роль розміри та експлуатаційні характеристики БПЛА. Переважні компактні розміри та невелика маса, а також можливість експлуатації в автономних умовах.

Було розглянуто характеристики БПЛА вітчизняного виробництва, а також Китаю, США, Ізраїлю, Німеччини, Угорщини. В результаті проведеного дослідження було виділено низку БПЛА, що мають найбільш відповідні характеристики для моніторингу повітряних ЛЕП згідно окреслених вимог. При цьому необхідно зазначити наступне: для вирішення зазначених завдань найбільш відповідними за комплексом зазначених характеристик для експлуатації як у стаціонарних, так і в польових умовах є БПЛА мультироторного (гелікоптерного) типу як для проведення моніторингу на маршрутах, так і для чергування в погодонебезпечних напрямках; БПЛА літакового типу використовувати для вирішення завдань верхового моніторингу ЛЕП буде неефективним. Порівняльний аналіз показників безпілотних комплексів стосовно ведення моніторингу ліній електропередач дозволив визначити як найбільш адаптовані для ефективного ведення моніторингу повітряних ЛЕП БПЛА мультироторного типу: DJI Mavic 3 Pro [4], DJI Phantom 4 pro V2.0 [5].

Висновки. Виявлено найбільш адаптовані для ведення моніторингу повітряних ЛЕП БПЛА на основі їх льотно-технічних характеристик та потрібної пошукової та розвідувальної інформації для ефективного визначення стану ЛЕП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tymochko O., Fustii V., Kolesnyk G., Olizarenko S., Kalashnyk G., Kulish R., Tymoschuk O., Galinskji D. Inter-Object Navigation of Unmanned Aerial Vehicles to Increase the Efficiency and Accuracy of Inspection of Power Lines. *Problemele Energeticii Regionale*. 1(57). 2023. P.28-38. https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.1-57.03.

2. Zakharchenko I., Tristan A., Chornogor N., Berdnik P., Kalashnyk G., Timochko A., Zalevskii A., Dmitriiev O. Modeling of Object Monitoring Using 3D Cellular Automata. *Problemele Energeyicii Regionale.* 4 (56). 2022. P.61-78. DOI: https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.4-56.06.

3. Калашник Г. А., Білан І. С., Аналіз існуючих і перспективних систем моніторингу зон надзвичайних ситуацій з використанням сучасних геофізичних методів авіаційних зйомок для умов України. *Управління високошвидкісними рухомими об’єктами та професійна підготовка операторів складних систем*: матеріали X Міжн. наук.-практ. конф., 23 листопада 2021 р., Кропивницький*, ЛА НАУ. Кропивницький: ЛА НАУ, 2021.* С. 21–22.

4. DJI Mavic 2 pro [Електронний ресурс]: Основні характеристики квадрокоптера DJI Mavic 3 pro URL: https://ukroptica.com.ua/kvadrokopter-dji-mavic-3-pro.

5. DJI Phantom 4 pro V2.0 [Електронний ресурс]: Основні характеристики квадрокоптера DJI Phantom 4 pro V2.0 URL: https://dronestore.com.ua/shop/dji-phantom-4-pro-v2-0/.

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОМПЛЕКСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Худяков І. В., Грицук І. В., Погорлецький Д. С.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Надійне та довгострокове функціонування технічної інфраструктури сучасного суспільства визначає основні показники його життєдіяльності й добробуту та, у значній мірі, пов’язане з еколого-економічними характеристиками, такими, як вплив на навколишнє середовище, питоме використання енергоносіїв, витрати на створення, експлуатацію, ремонт та регенерацію машин та їх елементів.

Поступовий розвиток нових видів перевезень призвів до збільшення часу перебування рухомого складу далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищилась роль профілактичного ТО автомобілів. Тому створення гнучкої «адаптивної» системи контролю та управління технічним станом автомобіля з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного автомобіля стало першочерговим завданням.

Постановка проблеми. Під адаптивною системою ТО і Р автомобілів розуміється система, яка завдяки зміні своєї структури і значень параметрів, може пристосовуватися до зміни внутрішніх і зовнішніх умов. Рівень, якого досягла сучасна технічна діагностика (ТД), дозволяє при технічній експлуатації автомобілів реалізувати практично будь-які завдання щодо виявлення та прогнозування параметрів технічного стану автомобілів [1–3].

ТО і Р умовно називають індивідуальним технічним обслуговуванням (ІТО). Вид робіт в цьому випадку призначають на основі індивідуальних діагностичних даних.

У зв’язку із застосуванням на автомобілях складних високоефективних електронних систем управління, вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних технологій з'явилася можливість не тільки контролювати географічне положення ТЗ і здійснювати зв’язок з диспетчером підприємств АТ, але і здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану автомобіля, що цілком дозволяє реалізувати практично будь-які завдання по виявленню та прогнозуванню технічного стану автомобіля.

Наявна система ТО і ремонту сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури:

Це в свою чергу дозволить перейти до індивідуальної (адаптивної) системі ТО і Р автомобілів [4, 5].

В адаптивній системі прогнозування може проводитися на підставі результатів обробки діагностичної інформації відповідно до схеми прогнозування та управлінням технічним станом автомобіля із застосуванням АСУ[6, 7].

Основні результати дослідження. В даному випадку інформацією про зміну технічного стану автомобіля є значення параметрів, які використовуються для прогнозування. Це календарні дати і значення напрацювання автомобіля, які відповідають зафіксованим значенням параметрів, а також інша інформація, яка знаходиться в центрі діагностування і отримана на основі комп'ютеризованих засобів діагностики. Вся ця інформація передається АСУ для обробки і це є основою формування масиву нормативно-довідкової і діагностичної інформації, необхідної для організації процесу прогнозування. Саме тому застосовують для ТЕА спеціально розроблені програмні засоби.

Основою автоматизованої адаптивної системи є база даних про автомобіль. Вона являє систему взаємопов’язаних таблиць. У ній розміщується інформація різного роду і тому вона базується на системі управління базами даних – Microsoft Access, що забезпечує відносно просте створення і коригування бази даних.

Технічне забезпечення сучасної системи прогнозування становить діагностичне обладнання, що застосовується в центрі діагностування, а також обчислювальні засоби АСУ технічним станом автомобілів.

Перший етап моніторингу транспортного засобу – це оцінка ефективності транспортного засобу для стандартних циклів руху. Це дає можливість оцінити ефективність деяких засобів для поліпшення паливної економічності і екологічності транспортного засобу рухових установок відповідно до конкретних умов експлуатації транспортного засобу. Математична модель системи «двигун-каталітичний нейтралізатор» використовується для цієї мети. Математична модель заснована на методі балансу обсягу. Модель дозволяє визначити економію палива, потужність двигуна і екологічні характеристики відповідно до його конструктивними параметрами, режим роботи, тип палива і параметри навколишнього середовища. Вхідні дані для моделювання є фактичні дані операції двигуна, отримані з циліндра датчика тиску; параметри двигуна в стаціонарних режимах роботи, отриманих в лабораторних експериментах; бортовий діагностики (БД) системні дані для відповідних режимів руху транспортного засобу. Набір даних в циліндрі робочих параметрів тіла, економія палива, потужність двигуна і екологічних характеристики в режимах роботи відповідно до режимів руху транспортного засобу в циклі руху визначаються під час моделювання. Економіка автомобільного палива та екологічні показники в циклі водіння наведені результати моделювання.

Другий етап моніторингу транспортних засобів є оцінка безпеки навколишнього середовища, коли транспортний засіб знаходиться в русі на реальному маршруті. Це можливо за допомогою OBD даних і поточних параметрів розташування транспортного засобу на основі системи глобального позиціонування (GPS даних). Набір даних реальних характеристик маршруту транспортного засобу визначаються відповідно до поточними даними про місцезнаходження транспортного засобу. Це є основою для визначення реальних сил опору руху транспортного засобу по маршруту. Використовуючи математичну модель системи «дорожній транспортний засіб», екологічна безпека оцінюється, коли транспортний засіб знаходиться в русі за певним маршрутом.

В цілому виконаний аналіз існування і створення адаптивних систем ТО і Р дозволяє підкреслити актуальність питання інформаційного забезпечення прогресивних систем ТО і Р.

Висновки. Розвиток інформаційного забезпечення автотранспортних процесів є, по-перше, умовою переходу автомобільного транспорту до автоматизованого управління технічним станом автомобілів на підставі гнучких «адаптивних» автоматизованих систем з індивідуальною корекцією періодичності та обсягів технічного обслуговування.

Моніторинг якості руху і технічного стану транспортних засобів дає можливість технічній службі отримувати інформацію про залишкову працездатність транспортних засобів і своєчасно здійснювати профілактичні впливи на основі їх параметрів технічного стану. Для диспетчера (суб'єкта управління) випереджаюча діагностика ТЗ є однією з технологій попередження втрат часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волков В. П., Грицук І. В., Грицук Ю. В., Волков Ю. В., Володарець М. В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.

2. Організація баз даних: практичний курс : Навч. посіб. для студ. / А. Ю. Берко, О. М. Верес; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». – Л., 2003. – 149 с.

3. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. – 400 с.

4. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Кузнецов Е.С. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.

5. Зарубкин В. А. Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в АТП / В. А. Зарубкин – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1976. – 126 с.

6. Волков В. П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов, О. Б. Комов, І. В. Грицук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – №64 (970). – С. 36–42.

7. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.

КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЦІ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ РУХОМОГО СКЛАДУ

Шевченко А. О., Зеленська А. А., Шевченко І. О., Бєлікова Н. В.
Український державний університет залізничного транспорту
(Україна)

Вступ. Земляне полотно залізниць є ключовою складовою інфраструктури транспортних систем, забезпечуючи безперешкодний рух рухомого складу. Його стан і надійність мають критичне значення для забезпечення безпеки та ефективності перевезень. У зв'язку з цим контроль та діагностика земляного полотна стають важливими завданнями для забезпечення безперебійності руху та підтримки інфраструктурної безпеки залізничного транспорту.

Ця робота спрямована на дослідження методів контролю та діагностики земляного полотна залізниць у контексті переміщення рухомого складу. Вона вивчає різноманітні техніки, інструменти та підходи, використовувані для оцінки стану та виявлення потенційних проблем у земляному полотні. Робота також розглядає важливі аспекти технічного обслуговування та ремонту, спрямовані на підтримку оптимальної експлуатації залізничного транспорту.

Інформація, отримана в результаті дослідження, може бути використана для розробки та впровадження ефективних стратегій управління та планування технічного обслуговування залізничної інфраструктури. Такий підхід сприяє забезпеченню безпеки та надійності руху рухомого складу, підвищує оперативність та зменшує витрати на ремонтні роботи.

Актуальність досліджень. Україна, як історично та культурно багата країна, останні роки пережила важкі перипетії. Бойові дії, які розпочалися у 2014 році на сході України, призвели до серйозних пошкоджень та руйнувань міст, сіл, інфраструктури та регіону загалом, а після 24 лютого 2022 року росія розпочала загарбницьку війну проти України. Така ситуація вимагає постійного моніторингу та спостереження за пошкодженнями та руйнуваннями для подальшого аналізу та оцінки пошкоджень, відновлення та вжиття відповідних заходів для реконструкції. Сучасні технології систем моніторингу та спостереження забезпечують ефективні засоби для вивчення місцевості та отримання об’єктивної інформації про стан території, пошкодження та руйнування, завдані бойовими діями. Використання дронів, супутників, систем відеоспостереження, сейсмічних датчиків та інших передових технологій дозволяє збирати велику кількість даних і зображень, які потім можна аналізувати та використовувати для ліквідації наслідків конфлікту.

Постановка задачі. За даними АТ «Укрзалізниця», загальна довжина земляного полотна Укрзалізниці становить 21872,2 км, у тому числі довжина що піддається деформації, – 870,8 км (4%) (рис. 1) [1]. Це негативний фактор, оскільки ці місця є бар’єрами, тобто на них діє обмеження швидкості, що, у свою чергу, впливає на трафік і транспорт. Основою транспортних магістралей є грунт. Крім постійного і тимчасового навантаження транспортних засобів, на поверхню ґрунту діють природно-кліматичні впливи (повені, опади), які спричиняють зниження або втрату його несучої здатності, що негативно впливає на безпеку дорожнього руху, а після початку повномасштабної війни додалися руйнування від бомб, шахедів та вибухових хвиль. Внаслідок цього призупинено рух поїздів міжнародного вантажного сполучення з країнами ЄС [2]. Крім того, були зареєстровані зсуви внаслідок руху підземних вод внаслідок невизначених змін у геології порід. Внаслідок стихійного лиха у вказаному місці, розташованому на схилі, було деформовано 30 м колії [3]. Згодом цілями активних атак стали об’єкти залізнодорожньої інфраструктури, зокрема електричні підстанції. Так найбільших руйнувань інфраструктурі, як в абсолютному, так і у вартісному виразі, стали об’єкти дорожньої

інфраструктури. По-перше, з урахуванням того, що вони природньо стають об'єктами обстрілу під час артилерійських атак, а по-друге, через те, що саме російські танки активно пересуваються українськими дорогами протягом всього періоду воєнної агресії.

Усі ці питання вимагають швидкого, професійного та сучасного вирішення. А без використання сучасних технологій не обійтися. Тим паче, небезпеку у деяких регіоназ нашої держави з кожним днем забезпечити все важче та важче. І нажаль обсяг робіт тільки невплинно збільшується.

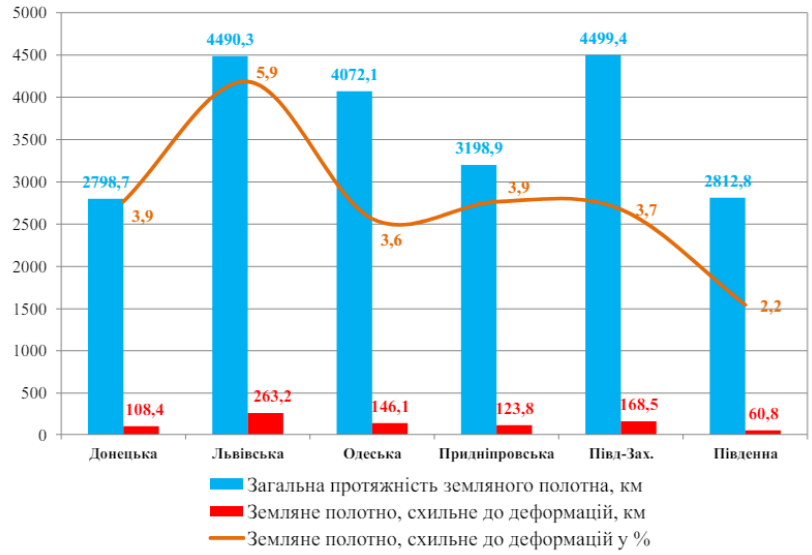


Рисунок 1 – Діаграма розподілу довжини земляного полотна на залізницях України

Результати досліджень. Діагностика земляного полотна залізниць зазвичай виконується за допомогою спеціалізованих геодезичних та геотехнічних приладів. Деякі з цих приладів включають в себе [4]:

− Тахеометри: Вони використовуються для вимірювання відстаней, кутів та висот. Такі прилади дозволяють отримати детальну інформацію про рельєф та геометрію земляного полотна.

− Георадари: Ці прилади використовуються для неконтактного виявлення різних шарів ґрунту та потенційних проблем, таких як порожнини або основні ушкодження.

− Дрони (БПЛА): Вони можуть використовуватися для аеріального знімання та створення високоякісних зображень та 3D-моделей земляного полотна, що дозволяє отримати широкий огляд стану інфраструктури.

− Інженерні геодезичні прилади: Вони використовуються для контролю геометричних параметрів колії, таких як ширина, висота, кут нахилу, а також для визначення відхилень від нормативних значень.

Кожен з цих приладів дає змогу опрацювати кожну ділянку звлізниці та визначитися з планами та етапами відновлення [5]. У період воєнного стану стали дуже корисними та продуктивними дрони та георадари не твльнки для дослідження стану земляного полотна під час руху рухомого складу, а також і для оцінки руйнувань та пошкоджень. А у деяких випадках навіть ратували життя працівників та місцевого населення.

Результати геодезичних зйомок опрацьовуються за допомогою різноманітних програмного забезпечення, які надають інструменти для аналізу, візуалізації та обробки отриманих даних. Ось декілька програм, які часто використовуються в геодезії:

1. AutoCAD Civil 3D: Це потужне програмне забезпечення, спеціально розроблене для геодезичних і геотехнічних інженерних завдань. Воно дозволяє обробляти та аналізувати дані з геодезичних зйомок, побудовувати цифрові моделі рельєфу, проектувати та аналізувати інженерні споруди.

2. Trimble Business Center: Ця програма призначена для обробки та аналізу геодезичних даних, отриманих за допомогою приладів Trimble. Вона має широкий спектр функцій, включаючи імпорт та експорт даних, побудову цифрових моделей рельєфу та створення звітів.

3. Leica Infinity: Це програмне забезпечення, яке дозволяє обробляти дані з геодезичних приладів Leica Geosystems, включаючи тахеометри, GPS та дроны. Воно має інтуїтивний інтерфейс користувача та багато інструментів для обробки та аналізу даних.

4. ESRI ArcGIS: Це програмне забезпечення геоінформаційних систем, яке широко використовується для обробки та аналізу геодезичних даних, створення карт та візуалізації результатів геодезичних зйомок.

Ці програми надають широкий спектр інструментів для обробки та аналізу геодезичних даних і дозволяють інженерам та геодезистам ефективно працювати з отриманими даними для розробки та виконання інженерних проектів. А також надають можлівіть швидко та зручно опрацьовувати значні об’ми інформації з відповідним оформленням відповідної документації.

Висновки. Проаналізувавши дані можна прийти до наступних висновків:

Ефективність сучасних приладів та програм: Використання сучасних геодезичних приладів, таких як тахеометри і GPS, разом із високоякісним програмним забезпеченням дозволяє здійснювати точний та ефективний контроль та діагностику земляного полотна.

Забезпечення точності та надійності даних: Використання сучасних приладів та програмного забезпечення дозволяє отримувати високоякісні дані з контролю та діагностики земляного полотна, що забезпечує точність та надійність результатів.

Зручність та швидкість обробки даних: Сучасне програмне забезпечення надає широкі можливості для швидкої та ефективної обробки геодезичних даних, що дозволяє значно зекономити час та зусилля при аналізі результатів.

Можливість візуалізації результатів: Сучасне програмне забезпечення дозволяє візуалізувати отримані дані у вигляді графіків, карт та інших візуальних форматів, що полегшує розуміння та інтерпретацію результатів контролю та діагностики.

Необхідність постійного вдосконалення: Попри досягнуті успіхи, розвиток технологій та методів контролю та діагностики земляного полотна продовжується, тому важливо постійно вдосконалювати якість приладів, навички працівників та програмного забезпечення для забезпечення найвищої ефективності та точності робіт навіть у складні часи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кравець І. Б. Методи оцінювання та підвищення несучої здатності неоднорідного земляного полотна залізничної колії. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2021. – 159 с.

2. Залізничники завершують відновлення колій, пошкоджених повенями на Івано-Франківщині (2020) [Електронний ресурс] режим доступу: http://railway.lviv.ua/info/press-center/news/article/2020/july/2105/.

3. Новорічний “сюрприз” від стихії Львівський залізничник. (2018) [Електронний ресурс] режим доступу: http://railway.lviv.ua/fileadmin/gazeta/2008/N01/2.pdf.

4. Анисенко О. В., Платонова К. А. Сучасні геодезичні прилади, їх значеннння і роль у геодезичних вимірюваннях. Інвестиції: практика та досвід. 2019. № 4. С. 80–83. DOI: 10.32702/2306-6814.2019.4.80.

5. Арсеньєва Н. О., Фоменко Г. Р. Сучасні геодезичні прилади, які використовують під час будівництва, реконструкції та ремонтних робіт автомобільних доріг / Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки - Том 32 (71) Ч. 2 № 2 2021. – С. 248-253.

СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА

SECTION:
SAFETY OF NAVIGATION

UDC 629.5.073.7

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF TRANSITIONING FROM PAPER-BASED TO ELECTRONIC WORK PERMIT SYSTEMS IN THE CONTEXT OF SHIPBOARD TECHNICAL SYSTEMS AND COMPLEXES

Hudz A., Nosov P.
Kherson State Maritime Academy

Introduction. This study aims to investigate the effectiveness of transitioning from the traditional paper-based work permit system to a modern electronic system on ships. We seek to identify potential problems associated with the current process and evaluate the anticipated benefits of implementing an electronic system, with a special focus on the technical systems and complexes onboard.

Research problems and questions:

Based on preliminary analysis, we have identified several key questions that require detailed investigation:

Technical aspects: What technical requirements are necessary for implementing an electronic system? It is crucial to ensure that the ship's servers and equipment are compatible with the new system, and to consider the feasibility of providing a stable internet connection for working with the web platform.

Personnel training: What is the level of crew readiness to work with electronic systems? Training must be provided to ensure effective use of the new system. What difficulties in training might arise and how can they be overcome [1]?

Data security and confidentiality: How can data security and confidentiality be ensured during the transition to an electronic system? It is important to consider potential cybersecurity threats and information protection measures.

Adaptation process: What psychological and organizational barriers might arise when transitioning to a new system? Some crew members may resist changes due to fear of new technologies or a habituation to paper-based processes [2].

Legal and regulatory aspects: Are there any legislative or regulatory requirements that might complicate the transition to an electronic system? Compliance with relevant regulations and standards must be considered.

Main research planning.

Literature review: Conducting a literature review is the first step in our research. This stage involves a systematic search and analysis of existing scientific papers, articles, books, and reports on the topics of work permit systems, implementation of electronic systems, safety regulations, and maritime industry standards. The primary task is to define existing theoretical frameworks, uncover under-researched aspects, and identify gaps in knowledge. This will allow us to understand the current state of technology implementation and determine the most relevant areas for our study.

Data collection: In the second stage, we collect primary data from maritime companies, crew members, and industry experts through surveys, interviews, and observations. This includes:

Surveys: Developing and distributing surveys among maritime companies and crews to assess their experience with using both paper and electronic work permits.

Interviews: Conducting in-depth interviews with key industry experts and crew members who have experience with both systems. This will help gather detailed perspectives and personal evaluations regarding the effectiveness and challenges of both systems.

Observations: Conducting on-board observations to directly observe work processes and crew interactions with work permit systems.

Data analysis: After data collection, the next step involves analyzing the data. We use statistical software to process quantitative data and qualitative analysis methods for textual responses [3]. This helps identify trends, detect correlations, and understand the deep motivations and perceptions of participants. It is important to identify both general trends and individual differences in user experiences.

Effectiveness assessment: At this stage, we assess the effectiveness of electronic work permits using predefined criteria such as processing time for applications, error frequency, onboard safety level, crew satisfaction, economic efficiency, and system integration with other systems. We compare these metrics with similar data for paper systems to determine the advantages and disadvantages of both approaches.

Conclusions and recommendations: In the final stage, we formulate conclusions based on the analysis of collected data. We develop recommendations for optimizing the transition process to electronic work permits and maximizing their benefits. Recommendations may include proposals for improving technical infrastructure [4], training programs for personnel, strengthening cybersecurity measures, and developing adaptation strategies to ensure a smooth transition.

This detailed approach provides a deep understanding of the potential impact of technological innovations on safety and work efficiency on maritime vessels, as well as enables the development of effective strategies for their implementation.

Expected outcomes: The study aims not only to assess the advantages and disadvantages of transitioning to an electronic work permit system but also to develop practical recommendations for its implementation. The results are expected to enhance crew work efficiency, reduce the likelihood of errors, and increase safety levels onboard.

Conclusions. This comprehensive study thoroughly evaluates the transition from paper-based to electronic work permit systems within the context of shipboard technical systems and complexes. The research highlights significant potential benefits, including enhanced operational efficiency, reduced error rates, improved safety [5], and better compliance with regulatory standards.

Key findings from the study underline the necessity of addressing several critical aspects during the transition process. These include ensuring technical compatibility, providing adequate training for crew members, safeguarding data security, and managing the psychological and organizational change within crew dynamics. Moreover, attention must be paid to legal and regulatory frameworks to ensure seamless integration and compliance.

In conclusion, transitioning to an electronic work permit system appears to be a promising strategy to enhance maritime operational efficiency and safety. However, successful implementation depends on careful planning, including technical setup, comprehensive training, and supportive change management practices. Recommendations generated from this study serve as a guideline for maritime entities considering or undergoing this digital transformation, aiming to optimize not only their operational workflows but also to ensure the highest standards of safety and efficiency in maritime operations.

REFERENCES

1. Ihor Popovych, Ihor Halian, Olena halian, Pavlo Nosov, Serhii Zinchenko, Vitalii Panok. Research on personality determinants of athletes' mental exhaustion during the ongoing COVID-19 pandemic. Journal of Physical Education and Sport, 2021, 21(4), p. 1769–1780. https://doi.org/10.7752/JPES.2021.04224.

2. Носов П. С., Тонконогий В. М., Яковенко О. Є. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента // Тр. Одес. политехн. ун–та. Одесса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006. – С. 118–122.

3. Zinchenko S. M., Ben A. P., Nosov P. S., Mamenko P. P., Mateichuk V. M. Improving the Accuracy and Reliability of Automatic Vessel Motion Control Systems // Materials of the

XII International Scientific and Practical Conference "Advanced Information and Innovative Technologies for Transport (MINTT – 2020), May 27–29, 2020, Kherson p. 54–58.

4. Solovey, O., Ben, A., Dudchenko, S., Nosov, P. (2020). Development of control model for loading operations on Heavy Lift vessels based on inverse algorithm. Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 5/2 (107), 48–56. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214856.

5. Nosov, P. S., Popovych, I. S., Cherniavskyi, V. V., Zinchenko, S. M., Prokopchuk, Y. A., & Makarchuk, D. V. (2020). AUTOMATED IDENTIFICATION OF AN OPERATOR ANTICIPATION ON MARINE TRANSPORT. Radio Electronics, Computer Science, Control, (3), 158–172. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-15.

IMPLEMENTATION OF E-NAVIGATION CONCEPT

Plotnikov V. I.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)

Introduction. IMO defines e-navigation as the coordinated collection, aggregation, sharing, display and evaluation of marine data electronically both on board and ashore to improve all aspects of port-to-port navigation and related services, safety and security, and environmental protection at sea (IMO-MSC 85/26). As defined above, e-Navigation is a complex concept that requires a detailed understanding of its various parts. Considering the new global navigation security negotiations, e-navigation also plays a key role. Many international and national organizations such as the IMO MSC Subcommittee, IALA and GLA are responsible for how the regulations should be implemented at a national or international level. Thus, it can be argued that electronic navigation has two aspects: the technical side and the legal side. The technical side of electronic navigation mainly includes mapping, navigation and communication. The browser needs different information for each main topic. These types of data include Electronic Chart Display and Information System (ECDIS), Aids to Navigation (AtoN), Satellite and Ground Systems and GMDSS data. For ease of use, it is recommended to have all this information in one place. Integrated Bridge Systems (IBS) were designed to create these types of pools. In connection with IBS, some additional requirements arose. For example, the same processes require the availability of different types of information. Guidelines and deadlines must be established to take advantage of these new technological advances. Seen this way, discussions about these new decisions belong to the field of legal aspects of e-navigation [1, 2].

Main part. Marine transportation relies on various devices and systems, which may include electronic components. The quick progress of technology in electronics, wireless communication, and computing is leading to the need for alterations in these devices and systems.

The safety of seagoing vessels is assured by the International Maritime Organization (IMO) through strict regulation of equipment requirements and the scope of seagoing vessels with the assistance of its committees and subcommittees. According to the information provided, multiple nations suggested to the IMO Maritime Safety Committee (MSC) to create a detailed strategic plan for the systematic integration of new technologies to guarantee their compatibility with existing navigation and communication technologies and services.

In 2006, during its 81st session, the MSC decided to incorporate a significant development item on electronic navigation strategy into the Navigation (NAV) and Radio communication and Search and Rescue (COMSAR) work programs in response to the offer. The primary goal is to create a strategic plan for e-navigation, combining current and new navigational tools, particularly electronic ones, into a holistic system that enhances navigational safety (benefiting overall maritime safety and environmental protection) by lessening the workload for navigators.

Considering that the necessary technology for this new development already exists, the main task is to make sure that all components of the system, such as electronic charts, are accessible and utilized efficiently to improve the navigation experience for seafarers in various localities. Electronic navigation would combine new technologies in a systematic manner to guarantee their compatibility with current navigation communication technologies and services, creating an all-encompassing, precise, secure, and cost-efficient system that can offer worldwide coverage for vessels of all sizes [3, 4].

The E-Navigation Strategy Implementation Plan, created by the International Maritime Organization (IMO), is a detailed framework designed to enhance the safety and effectiveness of commercial maritime navigation by integrating, exchanging, presenting, and electronically

analyzing marine data both on ships and on land. This approach focuses on enhancing quay-to-quay navigation and associated services to ensure safety, maritime security, and protection of the marine environment. The strategy centers on utilizing five main e-navigation solutions, such as enhanced, uniform, and user-friendly bridge layout; automated and standardized reporting tools; increased dependability, adaptability, and accuracy of bridge equipment and navigation data; incorporation and visualization of data through graphic displays from communication devices; and advanced communication from the Vessel Traffic Service (VTS) service offerings. The focus is on fulfilling user requirements by aligning marine navigation systems and backing coastal services, guaranteeing user and technology focus in implementation. Furthermore, the plan incorporates risk control options (RCOs) to handle and reduce the risks linked to e-navigation solutions. The aim is to decrease human mistakes and enhance maritime safety and efficiency as a whole [5].

Some of the electronic navigation risk control (RCO) options identified are:

1. Navigation information and equipment installation, including software quality improvement. The goal is to reduce tasks and control navigation by focusing and integrating various navigation systems and information on the bridge.

2. Execute bridge alarm. This solves the challenge of correctly identifying, coordinating and managing alerts from different bridge systems to avoid unnecessary vulnerabilities and mental burden on bridge teams.

3. Standard mode of navigation devices. It aims to ensure consistent and consistent performance of navigation devices, thereby improving usability and reliability.

4. Ship coastal reports were developed and standardized. This will facilitate the transmission of maritime information and data between ships and shore.

5. Improved stability and robustness of the Positioning, Navigation and Time (PNT) system. This improves the integrity of key navigation data.

6. Improvement of coastal services. It aims to improve the quality and availability of navigation information and decision support provided on land.

7. Coordination of the layout of the bridge and workplace. This focuses on the ergonomics and usability of the bridge design.

The overall objective of these electronic navigation RCOs is to improve maritime safety and efficiency by addressing various risks and challenges through the integration, automation and standardization of navigation and communication systems [6].

Some examples of e-navigation systems that use real-time information to improve marine safety include:

1. Electronic Chart Display Information System (ECDIS): ECDIS is an important e-navigation system that uses real-time electronic information nautical charts to provide crew members with accurate and up-to-date information that improves maritime safety and efficiency.

2. Automatic Identification System (AIS): AIS is another important electronic navigation system that uses real-time information to monitor and track ship movements, improve situational awareness and avoid collisions by providing information about the location and identification of nearby ships.

3. Vessel Traffic Service (VTS): VTS systems use real-time data to monitor vessel traffic, provide navigational assistance and improve safety on busy waterways by providing information on vessel movements, weather conditions and potential hazards.

4. Marine Safety Information (MSI) Distribution Systems: Systems that distribute MSI in real time play an important role in improving safety by providing ships with accurate and timely safety information to enable them to make informed decisions and navigate safely.

These electronic navigation systems demonstrate how the use of real-time information plays an important role in improving maritime safety, situational awareness and decision-making, ultimately contributing to a safer and more efficient maritime environment [7, 8].

Although it is very difficult to predict the development potential of electronic navigation systems, the systems can be expected to develop in two main directions:

– Integrated system: data from vessels will be transmitted to onshore data processing centers for making key navigational decisions for ship assistance.

– Distributed systems: based on the development of intelligent self-management systems on ships, capable of communicating between other ships, processing information and supporting the navigator's decisions.

The most probable outcome for the e-navigation system will be a combination of the solutions mentioned above. It is probable that in the near future the system will be developed in two stages. The initial phase will rely solely on current bridge and communication systems (AIS, ECDIS, and VHF voice), with the focus on establishing shore navigation support centers. The last phase involves an exclusive system built on the developed ship e-navigation platform that will utilize satellite communication [9].

The main challenges in implementing e-navigation systems in the maritime sector are:

1. Data quality and complexity: The maritime sector produces a large volume of data from different sources, with varying levels of complexity and quality. Maintaining the precision, dependability, and compatibility of this information poses a significant hurdle to the successful utilization of e-navigation systems.

2. Cyber security and information security: Since electronic navigation systems are highly dependent on cyber technologies and data exchange, ensuring effective cyber security measures and data protection are crucial to prevent potential cyber threats and unauthorized access.

3. Interoperability and integration: Achieving seamless integration and interoperability of different e-navigation systems, sensors and existing organizational infrastructures is a complex challenge.

4. Compliance with industry standards: e-navigation systems must comply with various industry standards and regulations to ensure safety, reliability and widespread adoption. Keeping up with evolving standards is a constant challenge.

5. Overconfidence and complacency: There is a risk that mariners will over-rely on electronic navigation systems, leading to a decline in traditional navigation skills and complacency. Maintaining a balance between electronic and traditional navigation techniques is critical.

6. Human-computer interaction. To minimize human errors and improve public safety, it is important to ensure effective human-computer interaction and user-friendly user interfaces for electronic navigation systems. Adapting systems to the needs and abilities of seafarers is a major challenge.

7. Cost and Scalability: Implementation and maintenance of electronic navigation systems can be expensive, and ensuring scalability for the diverse needs of the marine industry is a constant challenge.

Addressing these challenges through collaboration, technology development and a focus on human-centered design is critical to the successful adoption of e-navigation systems in the marine industry [10, 11].

Conclusions. Although many advantages of the concept of e-navigation are recognized, such as better navigation, better protection of the marine environment, better safety and operational efficiency, there are also expected challenges in its implementation. Based on the empirical data, the work raised four challenges, including data/information integrity; confirmation of information received; loss of traditional skills; and a two-tiered society. The study also found recognition of non-SOLAS ships in e-navigation.

In an era of disruptive technologies that claim the arrival of autonomous systems in the near future, it is time to rethink how people and machines work together to improve the safety of

the ship. Extreme versions of autonomous systems, such as unmanned ships, still require human intervention under the current regulatory framework. With e-navigation, mariners must understand and analyze such digital data to safely navigate their vessel. Of course, maritime education must be developed to meet future demands for maritime skills [12].

REFERENCES

1. Aydogdu Y. V., Yalcin E., Yurtorren C., Aksoy S. A Discussion on e-Navigation and Implementation in Turkey. TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. DOI: 10.12716/1001.08.01.9; 8(1), p. 81-87. – 2014.

2. International Maritime Organization (IMO). IMO-MSC 85/26/Add. 1, Annex 20, Strategy for the Development and Implementation of E-Navigation, Resolution A.989 (25). – 2008.

3. K. Korcz. Main aspects of a maritime e-navigation project. Journal of KONES Powertrain and Transport. DOI: 10.2478/kones-2019-0061; 26(3), p. 83-90. – 2019.

4. International Maritime Organization (IMO), International Convention for the Safety of Life At Sea (SOLAS), London. – 2014.

5. International Maritime Organization (IMO), MSC. 1/Circ. 1595, The e-navigation Strategy Implementation Plan – Update 1, London. – 2018.

6. Weintrit A. Advances in e-Navigation Concept--Risk Control Options. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, p. 494-506. – 2013.

7. Seojeong Lee, Changui Lee, Geon-Yeob Kim, Hwajin Na, Hyoseung Kim, Jeongseok Lee, Minsik Park. A study of S-100 based product specifications from a software implementation point of view: focusing on data model representation, similar features and symbols, and ECDIS and VTS software. The Journal of Navigation. DOI: 10.1017/S037346332200039X; 75(5), p. 1226-1242. – 2022.

8. Mikulicic J. Z., Kasum J., Jugovic A. Distribution of Maritime Safety Information and Improvement Measures for Safety of Navigation. DOI: 10.17818/NM/2018/3.6; p. 164-168. – 2018.

9. Weintrit A., Wawruch R., Specht C., Gucma L. & Pietrzykowski Z. Polish Approach to e-Navigation Concept. TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 1(3), p. 261-269. – 2007.

10. I. Gritsuk, P. Nosov, O. Dyagileva, M. Masonkova. Improving safety of navigation by constructing a dynamic model of the navigator's actions in the conditions of navigation risks. Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies series "Transport Systems and Technologies". DOI: 10.32703/2617-9059-2023-41-7; (41), p. 84-95. – 2023.

11. I. Durlik, T. Miller, D. Cembrowska-Lech, A. Krzemińska, E. Złoczowska, A. Nowak. Navigating the Sea of Data: A Comprehensive Review on Data Analysis in Maritime IoT Applications. Applied Sciences. DOI: 10.3390/app13179742; 13(17), p. 1-26 – 2023.

12. Nurma Karima Sari, Baldauf M., Momoko Kitada. E-Navigation or Autonomous Navigation – Quo vadis? Maritime Safety International Conference (MASTIC 2018). DOI:10.23977/mastic.005; p. 46-53. – 2018.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СУДНОВОДІННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ

Безбах О. М., Безкровний В. О.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Організація ефективної навігаційної вахтової служби є критично важливою діяльністю на борту будь-якого судна, не залежно від його призначення, тоннажу тощо. Ефективна навігаційна вахтова служба обов'язково має містити такі складові, як забезпечення безпечної навігації судна, запобігання зіткненням, підтримання ситуаційної обізнаності тощо. У вступі даних тез автори заначили кілька ключових моментів, на які слід звернути увагу:

1. Придатність до виконання обов'язків: усі без виключень Адміністрації прапорів визнають небезпеки, що становить втома серед моряків, особливо тих, від кого безпосередньо залежить безпечна експлуатація судна. Вахтові офіцери, інші члени екіпажу, які відповідають за безпеку, запобігання забрудненню і охорону, повинні мати достатні періоди відпочинку. Ці періоди відпочинку містять мінімум 10 годин відпочинку упродовж будь-якої доби і 77 годин упродовж 7-денного періоду. Години відпочинку можуть бути розділені на два періоди, один з яких має тривати щонайменше 6 годин. Надзвичайні ситуації або невідкладні виробничі обставини можуть тимчасово призупинити дію цих вимог щодо відпочинку [1].
2. Графіки та фіксація усієї необхідної інформації стосовно вахт: розклади вахт повинні бути розміщені в легкодоступних місцях, а також моряки, які перебувають на вахті, наприклад, в машинних відділеннях, беруть участь у вантажних операціях тощо, повинні отримувати компенсаційний відпочинок, якщо їх звичайні періоди відпочинку порушуються. Облік щоденних годин відпочинку повинен вестися в стандартизованому форматі, що дозволяє здійснювати моніторинг і перевірку їх дотримання. Капітан може вимагати від членів екіпажу працювати понад години відпочинку з невідкладних міркувань безпеки, але нормальні умови діяльності бути відновлені якнайшвидше [1].
3. Обов'язки навігаційної вахти: усі вахтові офіцери несуть відповідальність за безпечне судноплавство під час своєї вахти. Вони зосереджуються на уникненні зіткнень, посадки на мілини та забезпеченні безпечної експлуатації судна. Тут необхідно виокремити такі сучасні технічні засоби, що чинять безпосередній вплив на ефективність навігаційної вахти: ARPA (радари), ECDIS, AIS, адаптивний авторульовий, налаштування та особливості експлуатації яких мають відповідати особливим експлуатаційним вимогам, тобто обставинам та умовам, що склалися [1–2].
4. E-NAVIGATION і доповнена реальність (AUGMENTED REALITY), як найбільш сучасні технології, що підвищують безпеку під час несення вахти. Ці рішення надають інформацію вахтовим офіцерам в режимі реального часу, покращують обізнаність про навігаційну ситуацію та допомагають у прийнятті рішень. У ряді спеціальних публікацій E-NAVIGATION визначається як узгоджений збір, інтеграція, обмін, представлення та аналіз інформації стосовно судноплавства на бортах суден і на березі, за допомогою електронних засобів, з метою поліпшення навігації від причалу до причалу, та пов'язаних з нею послуг для забезпечення безпеки та охорони на морі, захисту морського середовища. Така ініціатива, по-перше, має на меті оптимізувати навігаційні системи для забезпечення відповідності потенційним вимогам майбутнього. Крім того, вона має на меті зменшити кількість інцидентів у сучасному судноплавстві, спричинених проявами людського фактору [1–2].

Актуальність дослідження. Актуальність інформації даних тез обумовлена тим, що вахтовий офіцер (OOW) під час несення вахти на містку судна є представником капітана судна і несе повну відповідальність за безпечну і безперешкодну навігацію судна.

OOW також керує командою на містку, яка допомагає йому в процесі навігації. Він також відповідає за те, щоб виконувалися вимоги COLREG, а всі накази капітана виконувалися з максимальною безпекою за будь-яких умов. Три основні обов'язки вахтового офіцера (OOW) можна дуже широко, лише для розуміння, класифікувати наступним чином: навігація, власне несення вахти, несення радіо-вахти GMDSS. Однак це не вичерпний перелік, і обов'язки можуть змінюватися відповідно до вимог, що трансформуються. Для зручності систематизовано аспекти, які необхідно перевіряти і контролювати OOW після того, як було прийнято вахту.

Результати дослідження. Керування судном у перевантажених (CONGESTED) водах або регіонах з інтенсивним трафіком суден – мабуть найбільш непросте завдання для будь-якого OOW. Перевантажені води – це регіони з високою щільністю руху, де власне судно має найбільш негативні шанси зіткнутися з іншим судном, якщо навігація власного судна здійснюється неправильно. Навігація у відкритих водах також може виявитися непростою для будь-якого OOW у силу ряду обставин, але завдяки меншій інтенсивності руху і великому водному простору вона не становить такої загрози, як у перевантажених водах [3]. Наприклад підходи та акваторії таких портів, як у Сінгапур, Гуанчжоу, Нінбо Чжоушань тощо, характеризуються щільним рухом рибальських човнів, малих суден на додаток до великих торгових суден, що за замовчуванням означає, що OOW за таких обставин необхідно проявляти вищий ступінь обережності, ситуативної обізнаності та ефективності приймання рішень.

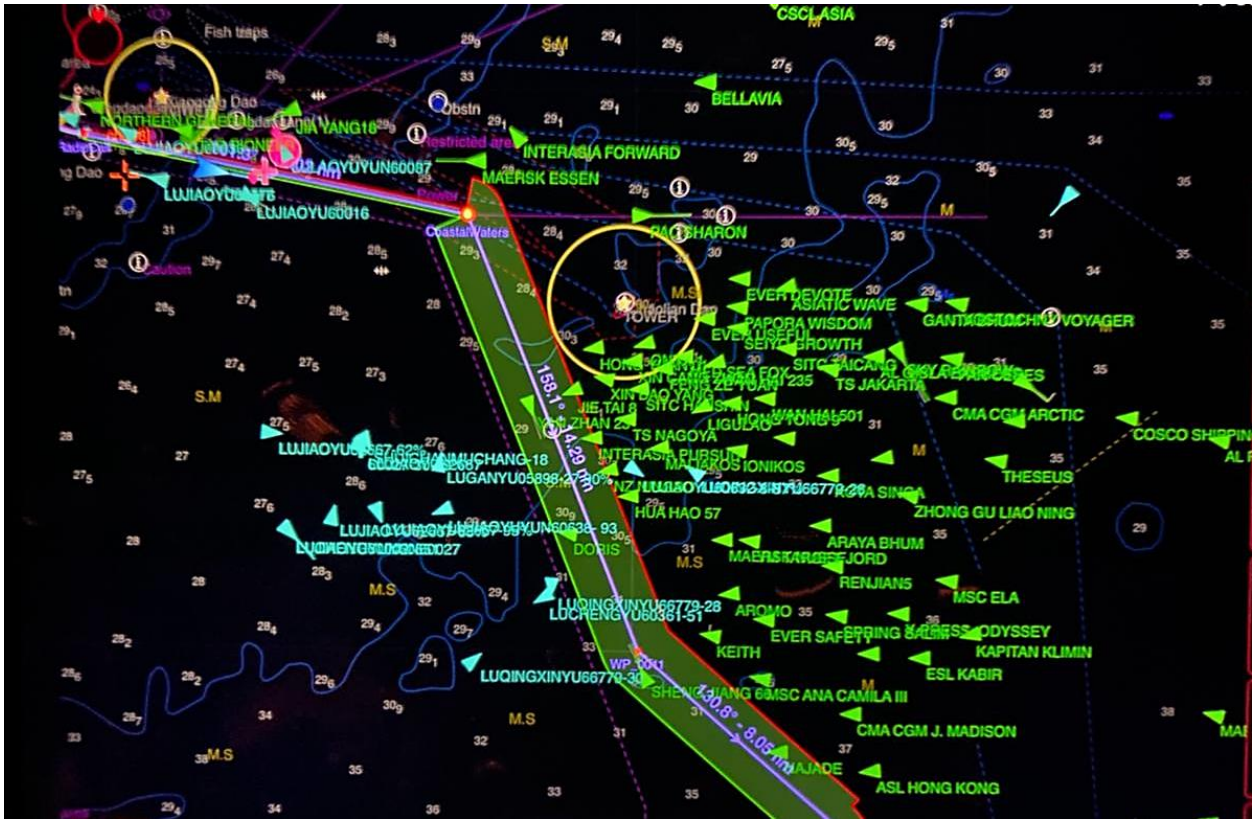


Рисунок 1 – Приклад скріншоту даних суднової AIC, що ілюструє стан інтенсивного трафіку різноманітних суден, що відповідає перевантаженим водам

Такі фактори, як стан водного середовища та погоди, близькість інших суден, стан власного судна, наприклад, рухається вільно чи звільняє шлях, завантажене чи у баласті тощо, взаємодія з іншими суднами, що може спричиняти різницю у тиску на носі чи кормі, близькість до берегів, ефективність стернового управління, ефективність технічних засобів судноводіння, положення стерна, вплив мілин тощо – це лише деякі з багатьох факторів, що має аналізувати будь-який вахтовий офіцер. Прийняті OOW рішення стосовно управління власного судна, що ґрунтуються на аналізі зазначених обставин,

мають застосовуватися у поєднанні з COLREG, щоб забезпечити безпечну навігацію власного судна у перевантаженій зоні та вихід з неї. Правило 18 COLREG чітко визначає, яке судно не повинно заважати іншому судну, що, по суті, означає, що будь-яке судно не може обійти вже існуючі правила щодо відповідальності [4–5].

Автори даних тез зазначають, оскільки у загаданих регіонах поблизу власного судна завжди знаходиться кілька інших суден, ймовірність зіткнення або будь-якої іншої аварії надзвичайно висока. Саме тому дотримання OOW вимог COLREG у таких випадках є обов'язковим, щоб звести нанівець будь-які юридичні проблеми, що можуть виникнути через неправильні рішення OOW стосовно управління власним судном. У таких умовах і вахтовий офіцер, і капітан судна, повинні вжити всіх необхідних заходів, щоб уникнути будь-якої аварії. Навіть за наявності лоцмана, який у більшості випадків добре знайомий з існуючим місцевим навігаційним ландшафтом, відповідальність за безпеку судна лежить на капітанові. Наприклад, навіть наявність лоцмана на містку судна не звільняє капітана і його команду на містку від обов'язку триматися на безпечній відстані від інших суден.

Висновки. Організація ефективної навігаційної вахтової служби є критично важливою діяльністю на борту будь-якого судна, не залежно від його призначення, тоннажу тощо. Ефективна навігаційна вахтова служба обов'язково має містити такі складові, як забезпечення безпечної навігації судна, запобігання зіткненням, підтримання ситуаційної обізнаності тощо.

Такі фактори, як стан водного середовища та погоди, близькість інших суден, стан власного судна, наприклад, рухається вільно чи звільняє шлях, завантажене чи у баласті тощо, взаємодія з іншими суднами, що може спричиняти різницю у тиску на носі чи кормі, близькість до берегів, ефективність стернового управління, ефективність технічних засобів судноводіння, положення стерна, вплив мілин тощо – це лише деякі з багатьох факторів, що має аналізувати будь-який вахтовий офіцер.

Автори даних тез, як висновок до них, зазначають, що прийняті OOW рішення стосовно управління власного судна, що ґрунтуються на аналізі зазначених обставин, мають застосовуватися у поєднанні з COLREG, щоб забезпечити безпечну навігацію власного судна у перевантаженій зоні та вихід з неї. Правило 18 COLREG чітко визначає, яке судно не повинно заважати іншому судну, що, по суті, означає, що будь-яке судно не може обійти вже існуючі правила щодо відповідальності. Автори даних тез також зазначають, оскільки у розглянутих регіонах поблизу власного судна завжди знаходиться кілька інших суден, ймовірність зіткнення або будь-якої іншої аварії надзвичайно висока. Саме тому дотримання OOW вимог COLREG у таких випадках є обов'язковим, щоб звести нанівець будь-які юридичні проблеми, що можуть виникнути через неправильні рішення OOW стосовно управління власним судном.

ЛІТЕРАТУРА

6. Безбах О. М. Перспективи впровадження інноваційних підходів концепції E-NAVIGATION у інтегрованому містку сучасного судна. Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції (PSDMI-2021), 3–5 листопада 2021. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. С. 168–171.

7. Hagen J. E. Implementing e-Navigation. Boston : Artech House, 2017. 220 P.

8. International Chamber of Shipping Bridge Procedures Guide : Sixth Edition. London : Marisec Publications, 2022. 196 P.

9. Weintrit A. International Recent Issues about ECDIS, e-Navigation and Safety at Sea. Boca Raton : CRC Press, 2017. 204 P.

10. Weintrit A. Navigational Systems and Simulators. Boca Raton : CRC Press, 2011. 208 P.

ВПЛИВ МОРСЬКОЇ ПОВЕРХНІ НА РАДІОЛОКАЦІЙНЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ СУДНОВИМ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМ КОМПЛЕКСОМ

Корбан Д. В.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. На роботу суднових РЛС негативний вплив чинить морська поверхня, яка значною мірою визначається умовами атмосферного середовища. Цей вплив характеризується утворенням помилкових луна-сигналів, які разом із луна-сигналами атмосферного утворення можуть бути прийняті оператором суднової РЛС за луна-сигнали навігаційних об'єктів. Виникає необхідність в оцінці цього впливу, якому до теперішнього часу не приділялося достатньо уваги, незважаючи на те, що відбувається формування додаткового луна-сигналу перешкоди в сумарному луна-сигналі відбитої хвилі. Використання поляризаційного аналізу компонент луна-сигналу складного об'єкта, що складається з луна-сигналу навігаційного об'єкта, луна-сигналів атмосферних утворень і морської поверхні, дасть можливість виділити луна-сигнал морської поверхні, що є завадою для луна-сигналу навігаційного об'єкта, і на виході приймача суднової РЛС його компенсувати.

Актуальність досліджень. До теперішнього часу розробка теорії та вдосконалення техніки поляризаційного аналізу в морських умовах поки що є складною проблемою, у зв'язку з тим, що поляризаційний стан радіохвиль тут характеризується винятковою нестійкістю. Багатьма дослідниками [1, 2] розглянуто одночасний вплив випадних опадів і морської поверхні на радіолокаційне спостереження морських об'єктів, проте в них відсутній аналіз впливу тільки морської поверхні на ефективність їхнього радіолокаційного спостереження. За сильного морського хвилювання відбувається дифузне розсіювання енергії на шорсткій поверхні морських хвиль і луна-сигнал хвилі, відбитий від морської поверхні, може досягати значень напруженості електричного поля, порівнянних із луна-сигналом навігаційного об'єкта. Розроблені до теперішнього часу методи поляризаційної селекції, зокрема і з використанням електромагнітних хвиль лінійних і кругових поляризацій, малоефективні і практичне виділення за їхньою допомогою луна-сигналу від морської поверхні з луна-сигналу складного об'єкта реалізувати не вдається. Тому актуальним є розробка методу поляризаційного виділення луна-сигналу морської поверхні зі складного луна-сигналу, що дасть змогу компенсувати луна-сигнал морської поверхні та підвищити безпеку судноводіння в складних умовах атмосферного середовища.

Постановка задачі. Метою цієї статті є розроблення методології використання неполяризованої хвилі та електрофізичних параметрів морської поверхні, яка дозволить виділити луна-сигнал частково поляризованої хвилі морської поверхні з луна-сигналу складного об’єкта. З метою підвищення безпеки судноводіння, СРК повинен володіти певним об'ємом радіолокаційної інформації про об'єкти спостереження, яку можна отримати при використанні поляризаційних параметрів електромагнітної хвилі як найперспективнішого джерела радіолокаційної інформації про об'єкти радіолокаційного спостереження, а судновий радіолокаційний комплекс повинен бути судновим радіолокаційним поляризаційним комплексом. Оскільки проблема перешкодозахищеності суднових РЛС далека до завершення, то одним із перспективних напрямів розв'язання зазначеної проблеми є використання поляризаційної селекції луна-сигналів, що дає змогу за поляризаційною структурою луна-сигналу складного об'єкта розрізнити індивідуальні характеристики навігаційного об'єкта, атмосферного утворення і морської поверхні.

Результати досліджень. Вплив морської поверхні під час радіолокаційного спостереження навігаційних об'єктів за траєкторією руху судна можна враховувати за

допомогою матриць, що описують поляризацію електромагнітної хвилі, яка опромінює складний об'єкт, поляризацію відбитої від морської поверхні електромагнітної хвилі та поляризацію електромагнітної хвилі, яка характеризує фізичну відбиваючу властивість морської поверхні. Матриці випромінюваної хвилі і хвилі, відбитої від морської поверхні, являють собою інтенсивності електромагнітного поля, задані дійсними енергетичними параметрами Стокса S_1, S_2, S_3, S_4, які визначаються через декартові компоненти поперечного електричного поля:

$$\begin{aligned} S_1 &= \left\langle \tilde{E}_x^2(t) \right\rangle + \left\langle \tilde{E}_y^2(t) \right\rangle; \\ S_2 &= \left\langle \tilde{E}_x^2(t) \right\rangle - \left\langle \tilde{E}_y^2(t) \right\rangle; \\ S_3 &= 2\left\langle \tilde{E}_x(t)\tilde{E}_y(t) cos\left[\delta_y(t) - \delta_x(t)\right] \right\rangle; \\ S_4 &= 2\left\langle \tilde{E}_x(t)\tilde{E}_y(t) \sin\left[\delta_y(t) - \delta_x(t)\right] \right\rangle, \end{aligned} \tag{1}$$

де параметр S_1 – повна інтенсивність хвилі і завжди позитивний;

– параметр S_2 – різниця інтенсивностей x- і y- компонент електромагнітної хвилі і може бути або позитивним, або негативним, або дорівнювати нулю залежно від співвідношення між лінійними x- і y- поляризаціями;

– параметр S_3 – відображає у хвилі переважання компоненти, лінійно поляризованої або в напрямку (+ π/4), або в напрямку (- π/4), тобто якщо S_3 позитивний (негативний), хвиля має переважну лінійну поляризацію в напрямку + π/4 (- π/4). Якщо $S_3 = 0$, то у хвилі не переважає жодна з цих двох поляризацій;

– параметр S_4 – характеризує переважання у хвилі або право-, або лівоциркулярно поляризованої компоненти, на які хвиля може бути розкладена. S_4 позитивний (негативний) або дорівнює нулю за переважання правої (лівої) циркулярної поляризації або за їхньої рівності.

Матриці випромінюваної і відбитої хвилі, що записуються через параметри Стокса, мають вигляд:

$$\left[S_{вип}\right] = \begin{bmatrix} S_{1вип} \\ S_{2вип} \\ S_{3вип} \\ S_{4вип} \end{bmatrix}, \qquad \left[S_{від}\right] = \begin{bmatrix} S_{1від} \\ S_{2від} \\ S_{3від} \\ S_{4від} \end{bmatrix}. \tag{2}$$

Якщо позначити через I_1 повну інтенсивність хвилі відбитої морською поверхнею, а через $I_{+\pi/4}$, $I_{-\pi/4}$, $I_{Пр}$, $I_Л$ інтенсивності хвилі, відбитої від морської поверхні лінійних і кругових поляризацій, тоді параметри Стокса виражаються через значення цих інтенсивностей у такий спосіб:

$$\begin{aligned} S_1 &= I_1 = (I_x + I_y) = (I_{+\pi/4} + I_{-\pi/4}) = I_П + I_Л; \\ S_2 &= (I_x - I_y); \\ S_3 &= I_{+\pi/4} - I_{-\pi/4}; \\ S_4 &= I_П + I_Л. \end{aligned} \tag{3}$$

Матриця Мюллера, що характеризує фізичні властивості морської поверхні по трасі руху судна, запишеться у вигляді:

$$\left[S_{МП}\right] = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} & \varepsilon_{14} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} & \varepsilon_{24} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} & \varepsilon_{34} \\ \varepsilon_{41} & \varepsilon_{42} & \varepsilon_{43} & \varepsilon_{44} \end{bmatrix}, \tag{4}$$

де ε_{11} … ε_{44} – діелектричні проникності морської води.

З урахуванням (2) і (4) матричне рівняння взаємодії випромінюваної всеполяризованої антени суднового радіолокаційного поляризаційного комплексу подається у вигляді:

$$\begin{bmatrix} S_{1від} \\ S_{2від} \\ S_{3від} \\ S_{4від} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} & \varepsilon_{14} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} & \varepsilon_{24} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} & \varepsilon_{34} \\ \varepsilon_{41} & \varepsilon_{42} & \varepsilon_{43} & \varepsilon_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_{1вип} \\ S_{2вип} \\ S_{3вип} \\ S_{4вип} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

З (5) параметри Стокса відбитої від морської поверхні електромагнітної хвилі виходять з умови:

$$\begin{aligned} S_{1від} &= \varepsilon_{11}S_{1вип} + \varepsilon_{12}S_{2вип} + \varepsilon_{13}S_{3вип} + \varepsilon_{14}S_{4вип}; \\ S_{2від} &= \varepsilon_{21}S_{1вип} + \varepsilon_{22}S_{2вип} + \varepsilon_{23}S_{3вип} + \varepsilon_{24}S_{4вип}; \\ S_{3від} &= \varepsilon_{31}S_{1вип} + \varepsilon_{32}S_{2вип} + \varepsilon_{33}S_{3вип} + \varepsilon_{34}S_{4вип}; \\ S_{4від} &= \varepsilon_{41}S_{1вип} + \varepsilon_{42}S_{2вип} + \varepsilon_{43}S_{3вип} + \varepsilon_{44}S_{4вип}. \end{aligned} \quad (6)$$

Інтенсивність випромінюваної хвилі певної поляризації відома і вона не змінюється, тому її можна прийняти рівною одиниці, тобто $S_{вип.} = 1$. Діелектрична проникність солоної води відома $\varepsilon = 60$. Тоді чотири лінійні рівняння в загальному вигляді запишуться таким чином:

$$\begin{aligned} S_{1від} &= \varepsilon_{11} + \varepsilon_{12} + \varepsilon_{13} + \varepsilon_{14} = \sum \varepsilon_{mn}; \\ S_{2від} &= \varepsilon_{21} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{23} + \varepsilon_{24} = \sum \varepsilon_{mn}; \\ S_{3від} &= \varepsilon_{31} + \varepsilon_{32} + \varepsilon_{33} + \varepsilon_{34} = \sum \varepsilon_{mn}; \\ S_{4від} &= \varepsilon_{41} + \varepsilon_{42} + \varepsilon_{43} + \varepsilon_{44} = \sum \varepsilon_{mn}. \end{aligned} \quad (7)$$

При опроміненні морської поверхні неполяризованою хвилею, для якої вектор Стокса має вигляд:

$$[S_{вип}] = \begin{bmatrix} S_{1вип} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Рівняння (5) перетворюється наступним чином:

$$\begin{aligned} S_{1від} &= \varepsilon_{11}; \\ S_{2від} &= \varepsilon_{21}; \\ S_{3від} &= \varepsilon_{31}; \\ S_{4від} &= \varepsilon_{41}. \end{aligned} \quad (9)$$

Параметр Стокса $S_{1від}$ за своїм фізичним змістом визначає сумарну відбиту від морської поверхні потужність. Тоді модуль діелектричної проникності морської води може бути визначений через коефіцієнт відбиття від поверхні R за сумарною відбитою потужністю (перший параметр Стокса $S_{1від}$)за формулою:

$$\varepsilon = \frac{1-\sqrt{R}}{1+\sqrt{R}}, \quad (10)$$

де R – радіолокаційна площа морської поверхні.

Зміна поляризаційних радіолокаційних сигналів при вертикальному зондуванні льодовиків.

При цьому

$$\sqrt{R} = 8\pi \frac{h}{G\lambda} \sqrt{\frac{S_{1від}}{S_{1вип}}}, \quad (11)$$

де h – висота антени;

G – коефіцієнт посилення антени в напрямку осі $(\theta = 0^o)$;

λ – довжина хвилі СРПК.

Тангенс кута втрат $tg\delta$ зв'язаний з луна-сигналом від морської поверхні такою залежністю:

$$S_{МП} = \frac{1}{16} \frac{tg\delta}{\varepsilon' \left(1 + \sqrt{\varepsilon'}\right)^2}. \quad (12)$$

З (12) тангенс кута втрат визначається наступною залежністю:

$$tg\delta = 32\pi \frac{h}{G\lambda} \left(1 + \sqrt{\varepsilon'}\right) \left(\frac{S_{МПвід}}{S_{1вип}} \right)^{1/2}. \quad (13)$$

Усі величини, що входять до формули (13), відомі, вимірявши за допомогою СРПК перший параметр Стокса $S_{1від}$, можна визначити енергетичні втрати луна-сигналу під час розв'язання задачі поляризаційної селекції навігаційних об'єктів, що перебувають у складних умовах атмосферного середовища за траєкторією руху судна, і в такий спосіб компенсувати луна-сигнал морської поверхні на виході приймача суднової РЛС.

Висновки.

1. представлено методологію поляризаційного виділення луна-сигналів морської поверхні з луна-сигналу складного об'єкта з урахуванням енергетичних втрат в опромінюваному об'ємі морської поверхні.

2. Для розв'язання поставленої задачі використано неполяризовану хвилю на випромінювання та матрицю Мюллера, що характеризує розсіювальні властивості морської поверхні, представлені коефіцієнтом матриці у вигляді діелектричних проникностей її поверхні.

ЛИТЕРАТУРА

1 Koshevoi V. M. Utilization of ultra-wideband equipment for marine radar tasks / V. M. Koshevoi, A. A. Shevchenko // Shipbuilding: Collection of scientific works / NU "OMA". – Issue 28. – Odesa: VydavInform, 2018. – Pp.78–87.

2 Akinshin N. S. Model of matrix mutual correlation function of sounding and reflected vector signals for the conceptual design of airborne synthetic aperture radar / N. S. Akinshin, O. V. Esikov, D. A. Zatuchny, A. V. Peteshov // Scientific Bulletin of MSTU GA. – Vol.22, No. 02, 2019. – C.86–95.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАЦІЙ МАСОВОГО РЯТУВАННЯ НА МОРІ

Маркітан В. В.
Національний університет "Одеська морська академія"
(Україна)

Вступ. Масова рятувальна операція (mass rescue operation, MRO) – це така операція, яка передбачає необхідність негайної допомоги великій кількості осіб, які зазнали лиха, при тому, що можливості зазвичай доступні пошуково-рятувальним органам (Search and Rescue, SAR) є недостатніми [1]. MRO – це події з відносно низькою ймовірністю та серйозними наслідками. У морському середовищі такі події можуть трапитися як з неконвенційними пасажирськими суднами так і з добре оснащеними сучасними морськими пасажирськими суднами, які відповідають всім вимогам безпеки. Ефективне реагування на такі серйозні інциденти зазвичай потребує негайних, добре спланованих та тісно скоординованих масштабних дій. Лихо, що відбувається у морі, особливо у віддалених від берегів районах значно ускладнюється і може призвести до великої кількості жертв. Будь-яка надзвичайна ситуація на морі з більш ніж сотнею людей є ситуацією масового порятунку. Це за визначенням означає, що рятувальні служби, якщо вони взагалі існують у цьому районі, будуть перевантажені. Вирішальне значення для успіху MRO в таких обставинах має наявність та можливість використання рятувальних засобів судна, що терпить лихо та присутність на місці події спеціальних рятувальних засобів, морських або авіаційних. Але, як правило, спеціалізовані морські рятувальні судна не в змозі швидко дістатися до місця події та не завжди мають необхідні рятувальні технології для MRO. Натомість авіаційні засоби можуть відносно швидко дістатися до місця аварії, але вони мають обмеження по відстані, погоді та кількості одночасно врятованих. Навіть якщо людина опинилася у рятувальній шлюпці або плоті, це ще не гарантує порятунок якщо немає змоги порівняно швидко і безпечно підняти людину на борт рятувального судна. Глобальна відсутність здатності виконувати масові рятувальні операції на морі здебільшого невідома широкій громадськості, але в усьому морському світі це відомий і визнаний факт. Все вище наведене спонукає до пошуку більш ефективних методів та засобів для MRO. У даній статті проведено аналіз ідей та рішень для MRO запропонованих у проекті FIRST шведського Товариства морських рятувальників [2].

Актуальність досліджень. Збільшення місткості сучасних пасажирських суден збільшує ризик катастроф. Тому підвищення ефективності MRO є нагальною проблемою для експлуатації пасажирського флоту.

Постановка задачі. Розглянути та провести аналіз запропонованих ідей та рішень для підвищення безпеки та ефективності MRO. Зробити висновок.

Результати досліджень. Основною ідеєю запропонованих рішень є розробка більш ефективних методів і засобів порятунку та обладнання цими засобами якомога більшої кількості звичайних морських суден, а не тільки спеціалізованих. Це дозволить підвищити швидкість надання ефективної допомоги під час MRO та допоможе врятувати максимальну кількість людей, евакуйованих з аварійного судна. Крім цього, запропоновано пришвидшити процес підйому людей на борт судна, що рятує за рахунок використання спеціалізованих рятувальних плотів, які придатні для підйому на палубу судна разом з людьми. Для втілення цих ідей були розроблені спеціальні методи та засоби:

- Підйомні морські евакуаційні системи.
  - Проблема. Велика кількість сучасних пасажирських суден обладнані морськими евакуаційними системами (Marine evacuation systems, MES). Ці системи

забезпечують швидку евакуацію великої кількості людей з борту аварійного судна. Але для швидкого підйому людей на борт судна вони не придатні.

- Ідея. Розділити плоти системи MES, які зазвичай мають місткість 100–135 людей, на декілька менших місткістю 40–50 осіб. Це дозволить зробити плоти придатними до їх підйому разом з людьми.
- Розвиток. Запропоновано вбудувати у плоти системи MES додаткові надувні плоти для підйому частини людей по черзі або декількома такими плотами одночасно.

- Застосування Rim-driven propeller (RDP) у якості рушія для рятувальних човнів.
  - Проблема. Через аварії багатьох суден утворюється багато плаваючого сміття, а також розливається нафта. Рятувальні човни, оснащені водометом або пропелером, вразливі до сміття, і можуть стати непридатними годинами, наприклад мотузка, яка заплутується і плавиться в суцільну масу навколо валу. Забруднена вода може призвести до втрати охолодження двигуна з наступною поломкою двигуна.
  - Ідея. Пропелер без валів із ободом матиме набагато менший ризик застрягти в уламках. Повністю електричне рішення також означало б меншу складність у обслуговуванні, а також відсутність системи охолодження, яка може бути виведена з ладу брудною водою.
- Рятувальний катер ближньої дії.
  - Проблема. Існуючі рятувальні катери і швидкісні рятувальні катери (Fast rescue boats, FRB) є проблемними в ряді ситуацій - їх небезпечно спускати на воду та піднімати на воду в будь-якому морі, крім помірного, вони страждають від силових систем, вразливих до сміття та масла, і вони занадто великі, важкі та неманеврені, щоб безпечно та легко використовувати їх для з’єднання рятувальних плотів або збирання людей у воді.
  - Ідея. Використовувати менші за розміром та вагою моторні рятувальні плавзасоби які б були зручними для з’єднання рятувальних плотів або збирання людей у воді.
  - Розвиток. Розроблено персональний моторний плавзасіб "Rescuerunner" який гарно себе показав при підйомі та з’єднання плотів із поромом Stena Jutlandica.
- Застосування люльки для Rescuerunner.
  - Проблема. Спускати на воду рятувальні човни та роз'єднувати їх небезпечно й ризиковано. Гаки потрібно з'єднувати і від'єднувати в правильному порядку. Рівень стресу високий. Деякі системи вважаються надто небезпечними для тренувань, принаймні за реалістичної погоди.
  - Ідея. З меншим і легшим рятувальним човном можливо застосувати легку напівжорстку люльку для його підйому та спуску. Це означає менший удар і менший ризик отримання травми. Конструкція приводу означає, що човен знаходиться під повним контролем під час спуску на воду, і що є менший ризик випасти під час підйому.
  - Розвиток. Було протестовано люльку під час випробувань спуску та підйому Rescuerunner з парому Stena Jutlandica при різних умовах моря. У всіх випадках Rescuerunner зміг зійти та зайти на люльку та був спущений/піднятий на борт без проблем.
- Застосування маневру "Поворот для заспокоєння моря".
  - Проблема. Спускати на воду рятувальні човни та від'єднувати їх від суден небезпечно й ризиковано. Робота з рятувальними човнами поруч із плотами та людьми у воді ускладнюється у бурхливому морі. Класичний спосіб створення

підвітря шляхом зупинки рятувального судна має обмежений ефект і може мати небезпечні наслідки.

- Ідея. Багато суден використовують тиху воду в повороті, щоб полегшити посадку лоцмана з катера. Чи можна використати цей принцип, щоб заспокоїти моря, зробивши повний поворот?
- Тестування. Маневр було випробувано від часткових до кількох повних обертів за змінних погодних умов при вітрі до 25 м/с і хвилях 3,5 м на 185-метровому судні Stena Jutlandica. Для сумарних розмірів і потужності Jutlandica метод працює надзвичайно добре. Розворот і близько 28000 к.с. ефективно розгладжують хвилі, і ефект триває кілька хвилин.

- Дистанційне під'єднання рятувального плоту.
  - Проблема. Незважаючи на те, що під'єднання плоту до підйомного крану або з’єднання рятувальних плотів за допомогою персонального моторного плавзасобу є доволі зручним, інколи краще не відправляти членів екіпажу на бурхливу воду.
  - Ідея. Використати безпілотний літальний апарат (БПЛА) і автоматичний гак для віддаленого з’єднання рятувальних плотів.

Висновки. Як відомо, операція з підйому людей, що терплять лихо на борт рятувального судна складна та пов'язана з ризиком для тих, хто рятується. Складність підйому людей на борт судна перш за все пов'язана з різницею у відносній швидкості та висоті судна, що рятує та рятувального засобу. Також велике значення має фізичний стан тих, кого рятують. Тому запропонована ідея підйому людей на борт судна рятувальника за допомогою рятувальних плотів допоможе вирішити проблеми, пов'язані з операцією підйому. Звісно, такий метод підйому людей на борт судна має сенс коли більшість морських суден будуть обладнані плотами, які можна підіймати з людьми та відповідним обладнанням для підйому. Це звісно потребує переобладнання суден та капіталовкладень, що може стати перепоною для впровадження методу. Крім того, новий метод рятування вимагає проведення великої нормотворчої роботи, що також може затримати нововведення. Хоча, деякий прогрес у прийнятті та застосуванні деяких ідей є. Так у керівництві з пошуку та рятування (IAMSAR) вже рекомендований для застосування маневр "Поворот для заспокоєння моря" під назвою "поворот Лорена" [3]. Отже є сподівання, що і інші ідеї будуть застосовані для підвищення безпеки людей у морі.

ЛІТЕРАТУРА

1. https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/COMSAR.1-Circ.31%20-%20Guidance%20For%20Mass%20Rescue%20Operations.pdf.

2. http://first-rescue.org/?trk=public_post_comment-text.

3. https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/IAMSARManual.aspx.

ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ МІЛКОВОДДЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВОРОТКОСТІ ПРИ ПЛАНУВАННІ ШЛЯХУ В ПРИБЕРЕЖНОМУ ПЛАВАННІ АВТОНОМНОГО СУДНА

Муравйов Г. М.
Магістр Судноводіння, аспірант
Національний університет Одеська морська академія
(Україна)

Вступ. В останні роки морська галузь стала свідком трансформаційного зрушення з появою автономних суден, що ознаменувало парадигматичну еволюцію морських перевезень. Автономні судна, оснащені передовими сенсорними, обчислювальними та навігаційними технологіями, обіцяють революцію в ефективності, безпеці та стабільності морських операцій. Однак, коли ці судна проходять через прибережні води, вони стикаються з безліччю проблем, особливо в регіонах з мілководдям. Прибережна навігація представляє унікальний набір перешкод, які вимагають ретельного планування та виконання. Вузькі канали, непередбачувані течії та складний підводний рельєф створюють серйозні проблеми для маневреності та безпеки судна. Серед цих проблем вплив мілководдя на поворотні характеристики стає критичним міркуванням, яке вимагає поглибленого дослідження. Мілководдя, що визначається зменшеною глибиною води, створює складну гідродинамічну динаміку, яка значно впливає на маневреність і стійкість суден. Коли судна проходять мілководними ділянками, вони відчувають посилені гідродинамічні сили, змінюють схеми течії та підвищений ризик сідання на мілину. Ці фактори вимагають тонкого розуміння гідродинамічних принципів, що виникають при русі і поворотах на великому мілководді.

Мета цієї доповіді полягає в тому, щоб розглянути складну взаємодію між характеристиками мілководдя та параметрами руху і повороту в прибережній навігації автономних суден. Вивчаючи гідродинамічну взаємодію судна і великого мілководдя, принципи управління маневруванням, навігаційну безпеку та технологічні особливості маневрування судна при русі в прибережній зоні треба з'ясувати вплив мілководдя на маневрені характеристики на стадії планування маршруту для автономних суден. Врахування параметрів мілководдя на стадії планування маршруту для автономних суден у прибережній навігації розглядається вперше, що дозволить з більшою точністю визначити координати траєкторних точок. У цьому дослідженні розглядається вплив запасу води під кілем на маневрені характеристики повороткості під впливом мілководдя з метою підвищення точності планування шляху для безпеки та ефективності руху автономних суден у прибережних водах. Тому дослідження цього питання являється вельми актуальним.

Опис руху судна формалізованими моделями при його плануванні ~~зажадало~~ потребувало знання аналітичних способів обліку впливу мілководдя на маневрені характеристики, які нині відсутні. Для отримання такої залежності в роботі [1] приведено порівняльні випробування на глибокій воді та на мілководді на ММ т/г «Микола Бажан».
При виконанні порівняльних випробувань були визначені характеристики гальмування, повороткості та отримання повороту на глибокій воді і на мілководді при відношенні глибини моря H до середньої осадки T H/T=1.2; 1.4; 1.6; 1.8; 2.0.

Результати проведених випробувань наведено в табл. 1.

Для виконання розрахунків маневрів на мілководді пропонується його враховувати у вигляді коефіцієнтів мілководдя для кожного елемента:

$$\ell_1^{H/T} = \ell_1^{эр} \cdot k_{\ell_1}; \ell_2^{H/T} = \ell_2^{эр} \cdot k_{\ell_2}; D_T^{H/T} = D_T^{эр} \cdot k_{D_T}; D_y^{H/T} = D_y^{эр} \cdot k_{Dy} \ . \qquad (1)$$

Таблиця 1 – Порівняльні випробування характеристик повороткості т/х “Микола Бажан” в вантажі для δ = 35° при V_H=12.4 вуз

H/T	ℓ_1, кбт	ℓ_2, кб	$D_{\text{ò}}$, кбт	$D_{\text{ó}}$, кбт
1.2	4.58	2.56	5.83	5.73
1.4	4.17	2.04	4.62	4.37
1.6	4.00	1.84	3.98	3.62
1.8	3.89	1.75	3.68	3.07
2.0	3.84	1.67	3.54	2.75
∞	3.48	1.36	3.23	2.67

Результати виконаних досліджень використані для подання коефіцієнтів мілководдя у вигляді лінійної регресії:

$$K = b_o + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 \ , \tag{2}$$

де X_1=(T/H), а X_2=$(T/H)^2$.

Результати проведеного регресійного аналізу наведено у табл. 2. Вплив мілководдя на характеристики поворотності пропонується враховувати у вигляді коефіцієнтів, що розраховуються за формулами:

Таблиця 2 – Результати регресійного аналізу

Елементи циркуляції	b_o	b_1	b_2	r_{yx_1}	r_{yx_2}	$r_{x_1x_2}$	R	$K_{\text{дет}}$	ε
$\ell_{1н}$	1.55	-1.81	1.84	0.960	0.979	0.996	0.996	0.996	0.056
$\ell_{2н}$	2.35	-4.63	4.84	0.964	0.982	0.996	0.996	0.995	0.068
$D_{\text{тн}}$	1.60	-2.77	3.51	0.975	0.987	0.996	0.996	0.986	0.117
$D_{\text{ун}}$	0.27	0.42	2.09	0.995	0.997	0.996	0.996	0.993	0.067

$$K_{\ell 1} = 1.55 - 1.81 \cdot (T/H) + 1.84 \cdot (T/H)^2 . \tag{3}$$

$$K_{\ell 2} = 2.35 - 4.63 \cdot (T/H) + 4.84 \cdot (T/H)^2 . \tag{4}$$

$$K_{D_T} = 1.60 - 2.77 \cdot (T/H) + 3.51 \cdot (T/H)^2 . \tag{5}$$

$$K_{D_Y} = 0.27 - 0.42 \cdot (T/H) + 2.09 \cdot (T/H)^2 . \tag{6}$$

Приведені залежності (3)–(6) були використані для розрахунку координат траєкторних точок криволінійних траєкторій в прибережному плаванні автономних суден.

Основна частина. Навігація автономних суден у прибережних водах передбачає складну взаємодію факторів, особливо під час руху мілководними районами. Мілководдя створює унікальні проблеми, які безпосередньо впливають на повороткість суден, що вимагає комплексного підходу до врахування питань мілководдя в процесах планування маршруту. При аналізі навігаційних умов мілководдя стає очевидним, що воно суттєво змінює традиційні схеми течії та гідродинамічні сили, які діють на судна. Зменшена

глибина води збільшує опір, змінює напрямок течії та погіршує маневреність. Ці фактори безпосередньо впливають на здатність судна безпечно та ефективно виконувати повороти. Таким чином, детальне розуміння того, як мілководдя впливає на гідродинамічні сили, має вирішальне значення для ефективного планування маршруту. Динаміка повороту на мілководді регулюється складними гідродинамічними законами , які суттєво впливають на маневреність, стійкість і траєкторію руху суден. Розуміння цих закономірностей має важливе значення для розробки ефективних стратегій для прибережної навігації автономних суден. У цьому розділі наведено детальний аналіз гідродинамічних характеристик повороту на мілководді:

1. Мілководдя за своєю природою обмежує простір, доступний для маневрування суден, що призводить до посилення гідродинамічних сил і зміни режиму течії. Зменшення глибини під кілем призводить до наближення корпусу судна до морського дна, визиваючи ріст швидкості води під кілем та зменшення сили плавучості і просідання.

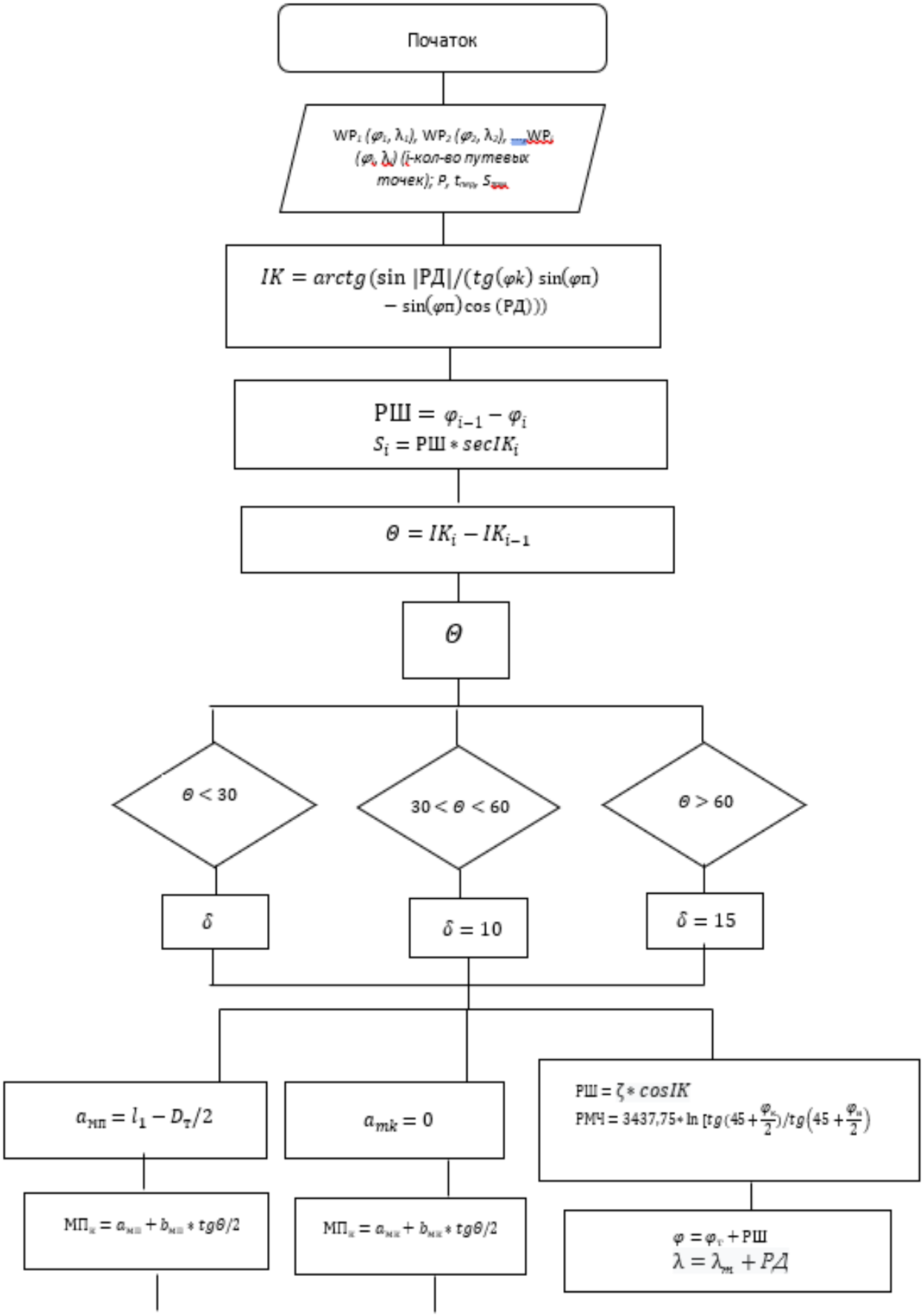
2. Просідання означає вертикальне зміщення судна, спричинене гідродинамічними силами під час руху на мілководді. Коли судно виконує поворот, ефект просідання стає більш вираженим, що призводить до зменшення глибини води під корпусом і збільшення опору. Ефект просідання змінюється залежно від таких факторів, як швидкість судна, форма корпусу та глибина води, впливаючи на стійкість і маневреність судна під час поворотів.

3. Притяжіння берега – це гідродинамічне явище, яке спостерігається на мілководді, де судно відчуває бічні сили через близькість морського дна. Під час поворотів посилюється ефект відсмоктування берега, який чинить бічні сили на корпус судна та впливає на його траєкторію. Притяжіння берегом судна може призвести до того, що воно відхиляється від курсу або відчуває труднощі з підтриманням стабільного радіусу повороту, особливо у вузьких каналах або закритих водних шляхах.

4. Мілководне середовище накладає обмеження на радіус повороту та маневреність судна, обмежуючи його здатність виконувати різкі повороти або коригувати курс. Підвищений опір руху судна на мілководді вимагає коригування швидкості судна та утримання курсу для підтримки стабільності та контролю під час поворотів. Такі фактори, як розмір судна, осадка та гідродинамічна конструкція, впливають на радіус повороту та можливості маневрування на мілководді, що вимагає ретельного розгляду при плануванні маршруту та навігації [2, 3, 4].

Оптимізація радіусу повороту є центральною проблемою при плануванні маршруту для автономних суден, що плавають на мілководді. Традиційні алгоритми планування маршруту можуть не врахувати належним чином обмеження, накладені мілководними ділянками на можливості повороту судна. Прогнозуючи радіуси повороту на основі таких факторів, як глибина води, швидкість судна, конструкція корпусу та умови навколишнього середовища, алгоритми планування маршруту можуть генерувати траєкторії, які мінімізують обмеження повороту та максимізують ефективність навігації.

Стратегії зменшення ризику є важливими компонентами планування маршруту в прибережній навігації. Ефективне планування маршруту включає визначення пріоритетів стратегій для пом’якшення цих ризиків, таких як уникнення відомих мілководних ділянок, підтримання безпечної відстані від берегової лінії та динамічне коригування відхилень курсу, щоб уникнути перешкод. Завдяки інтеграції стратегій зменшення ризику в алгоритми планування маршруту автономні судна можуть безпечно та ефективно плавати мілководдям [5–8].


Початок
WP1 (φ1, λ1), WP2 (φ2, λ2), ... WPi (φi, λi) (i-кол-во путевых точек); P, tтр, Sтр
IK = arctg(sin |РД|/(tg(φk) sin(φп) − sin(φп)cos (РД)))
РШ = φi−1 − φi
Si = РШ ∗ secIKi
Θ = IKi − IKi−1
Θ
Θ < 30
30 < Θ < 60
Θ > 60
δ
δ = 10
δ = 15
aмп = l1 − Dт/2
amk = 0
РШ = ζ ∗ cosIK
РМЧ = 3437,75 ∗ ln [tg(45 + φк/2)/tg(45 + φп/2)
МПк = aмп + bмп ∗ tgθ/2
МПк = aмк + bмк ∗ tgθ/2
φ = φ1 + РШ
λ = λт + РД

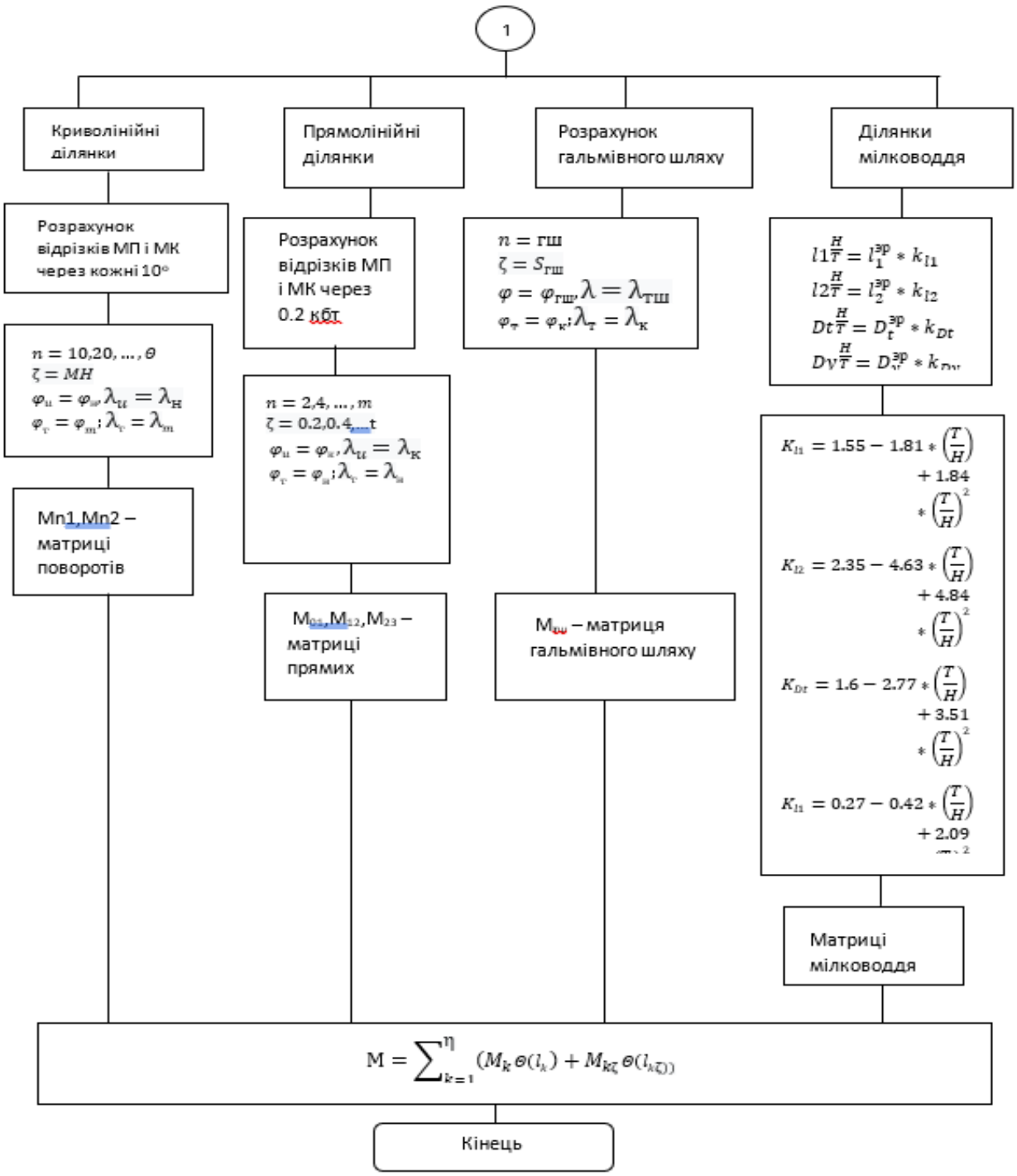


Рисунок 1 – Алгоритм розрахунку координат ТТ і формування їх сумарної матриці

Для прикладу виконання алгоритму планування шляху наведемо прохід мілководдям судна «Yara Baekeland», шлях якого заплановано за допомогою матриці ТТ від порту Бревік до порту Рафнес.

1. Вибираються координати рекомендованого шляху судна через мілководдя до порту Рафнес. Для цих координат за допомогою формул розраховують курси, якими буде слідувати судно (ІК), кути поворотів (Θ) та дистанцію між шляховими точками (S).

$$IK = arctg(\sin|РД|/(tg(\varphi_к)\sin(\varphi_п) - \sin(\varphi_п)\cos(РД))) \quad (7)$$

де ІК – істинний курс, яким слідує судно в кінцеву точку; РД – різниця довгот; $\varphi_п$ – широта початкової точки; $\varphi_к$ – широта кінцевої точки; $РД = \lambda_к - \lambda_п$

де $\lambda_к$ – довгота кінцевої точки; $\lambda_п$ – довгота початкової точки. Тоді Θ – кут повороту розраховується по формулі $\Theta = IK_i - IK_{i-1}$, а дистанція S між шляховими точками:: $S = \frac{РШ}{\cos IK}$. Та різниця широт РШ по формулі: $РШ = \varphi_к - \varphi_п$.

Таблиця 3 Розрахунок кутів повороту

№	Координати точок	S, кбт	ІК, °	Θ, °
0	φ=59° 04.200` N ,λ=009° 38.827` E	-	-	-
1	φ=59° 04.859` N, λ=009° 38.377` E	4.8	341	6
2	φ=59° 05.641` N, λ=009° 37.680` E	5.6	335	53
3	φ=59° 05.830 `N, λ= 009° 35.882` E	4.4	282	-

2. Знаходять кути перекладки руля для кожного повороту відповідно до умови:

$$\delta = \begin{cases} 5° \text{ при } \Delta\Theta \text{ менше } 30° \\ 10° \text{ при } \Delta\Theta = 30° - 60° \\ 15 \text{ при } \Delta\Theta \text{ більше } 60° \end{cases}$$

Таблиця 4 Вибір кутів перекладки руля

№	Координати точок	S, кбт	ІК, °	Θ, °	δ, °
0	φ=59° 04.200` N ,λ=009° 38.827` E	-	-	-	-
1	φ=59° 04.859` N, λ=009° 38.377` E	4.8	341	6	5
2	φ=59° 05.641` N, λ=009° 37.680` E	5.6	335	53	10
3	φ=59° 05.830 `N, λ= 009° 35.882` E	4.4	282	-	-

3. За допомогою формул розраховують відстані від ШТ до початку МП та кінця МК повороту.

$$МП = l_1 - \frac{D_T}{2} + \frac{D_T}{2} * tg\left(\frac{\Theta}{2}\right) \quad (8)$$

Де l_1 – зсув судна при циркуляції

D_T – тактичний діаметр циркуляції

$$MK = l_2 * tg\left(\frac{\Theta}{2}\right) \quad (9)$$

Де l_2 – пряме зміщення

Таблиця 5 Розрахунок відрізків початку та кінця поворотів

№	Координати точок	МП, кбт	МК, кбт
0	φ=59° 04.200` N ,λ=009° 38.827` E	-	-
1	φ=59° 04.859` N, λ=009° 38.377` E	3.1	2.6
2	φ=59° 05.641` N, λ=009° 37.680` E	2.4	1.7
3	φ=59° 05.830 `N, λ= 009° 35.882` E	-	-

4. Для кожного повороту необхідно розрахувати відрізки через кожні 10° за допомогою формул наведених вище, де кут повороту приймає значення 10°, 20°, 30°… Θ

Таблиця 6 Елементи повороту 1 у вигляді відрізків

Кут Θ	10°	20°	30°	40°	50°	53°
МН	4.057655	2.771425	2.18816	1.66576	1.310125	1.08729
МК	3.23505	2.03133	1.4756	0.98448	0.781	0.65823

5. Отримані дані у вигляді відрізків необхідно перевести в географічні координати. Зробимо за допомогою наступних формул.

$$РШ_i = МП_i * cosK_i \quad (10)$$

де Θ_i – кут повороту через кожні 10°;

K_i – курс, яким судно слідує у наступну точку

$$РД_i = РМЧ_i * tgK_i \quad (11)$$

де $РМЧ_i$ – різниця меридіональних частин для кожного відрізку повороту

$$РМЧ_i = 3437.75 * \ln\left[tg\left(45 + \frac{\varphi_2}{2}\right)/tg\left(45 + \frac{\varphi_1}{2}\right)\right] \quad (12)$$

Де φ_1 – широта початкової точки повороту
φ_2 – широта кінцевої точки повороту

$$\varphi_п = \varphi_м + РШ_i \quad (13)$$

Де $\varphi_п$ – широта траєкторної точки при n є (П1, К11, К12,…)
$\varphi_м$ – широта точки перетину шляхових ліній

$$\lambda_п = \lambda_м + РД_i \quad (14)$$

Де $\lambda_п$ – довгота траєкторної точки при n є (П1, К11, К12,…)
$\lambda_м$ – довгота точки перетину шляхових ліній
Використовуючи формули будуємо матриці ТТ повороту через кожні 10°

6. Використовуючи формули знаходимо координати прямолінійних ділянок шляху судна через кожні 0,2 кбт. Розрахунок різниці широт знаходимо за наступною формулою:

$$РШ_i = \beta * cosK_i \quad (15)$$

Отримані результати зводимо у матриці прямолінійних ділянок шляху.

7. Розраховуємо матрицю гальмівного шляху. За допомогою формул знаходимо координати початку гальмування та зводимо їх у матрицю.

$$РШ_{гш} = S_{гш} * cosK_i \quad (16)$$

Де $РШ_{гш}$ – різниця широт між кінцевою точкою та точкою початку гальмування

$$РД_{гш} = РМЧ_{гш} * tg\ K_i \quad (17)$$

Де $РД_{гш}$ – різниця довгот між кінцевою точкою та точкою початку гальмування
$РМЧ_{гш}$ – різниця меридіональних частин між кінцевою точкою та точкою початку гальмування

$$РМЧ_{гш} = 3437.75 * \ln\left[tg\left(45 + \frac{\varphi_2}{2}\right)/tg\left(45 + \frac{\varphi_1}{2}\right)\right] \quad (18)$$

Де $\varphi_{гш}$ – широта точки початку гальмування

$$\varphi_{гш} = \varphi_к + РШ_{гш} \quad (19)$$

$$\lambda_{гш} = \lambda_к + РД_{гш} \quad (20)$$

Таблиця 7 Матриця гальмівного шляху

$М_{гш}$	$\varphi_{гш}$	59° 05.150` N	$\lambda_{гш}$	009° 37.920` E

8. Розіб'ємо шлях траєкторними точками на прямолінійні ділянки, криволінійні та ділянки мілководдя та розрахуємо за формулами. Для розрахунку ділянок мілководдя треба враховувати коефіцієнти мілководдя для кожного елемента.

$$l_1^{\frac{H}{T}} = l_1^{эр} * k_{l1};\ l_2^{\frac{H}{T}} = l_2^{эр} * k_{l2};\ D_t^{\frac{H}{T}} = D_t^{эр} * k_{Dt};\ D_y^{\frac{H}{T}} = D_y^{эр} * k_{Dy}$$

Таблиця 8 Порівняльна таблиця характеристик повороткості судна "Yara birkeland" в вантажі для δ = 35° при $V_п$=6.5 уз

H/T	l_1, кбт	l_2, кбт	D_t, кбт	D_y, кбт
1.2	1.81	1.37	2.85	1.92
1.4	1.64	1.12	2.33	1.45
1.6	1.56	1.0	2.05	1.15
1.8	1.52	0.94	1.89	0.95
2.0	1.51	0.92	1.8	0.82
∞	1.37	0.74	1.65	1.4

Вплив мілководдя на характеристики повороткості пропонується приблизно враховувати за допомогою коефіцієнтів, що розраховуються за формулами нижче:

$$K_{l1} = 1.55 - 1.81 * \left(\frac{T}{H}\right) + 1.84 * \left(\frac{T}{H}\right)^2$$

$$K_{l2} = 2.35 - 4.63 * \left(\frac{T}{H}\right) + 4.84 * \left(\frac{T}{H}\right)^2$$

$$K_{Dt} = 1.6 - 2.77 * \left(\frac{T}{H}\right) + 3.51 * \left(\frac{T}{H}\right)^2$$

$$K_{l1} = 0.27 - 0.42 * \left(\frac{T}{H}\right) + 2.09 * \left(\frac{T}{H}\right)^2$$

Алгоритми планування маршруту для автономних суден, що працюють на мілководді, є ключовими компонентами забезпечення безпечної та ефективної навігації. Ці алгоритми розроблені для вирішення унікальних проблем, пов'язаних з умовами мілководдя, інтегруючи різні фактори, такі як вимірювання глибини в реальному часі. У динамічному морському середовищі, де глибина води може швидко коливатися, автономні судна покладаються на вдосконалені системи датчиків для забезпечення точних і надійних вимірювань глибини. У цій сфері домінують два основні методи: системи сонар та системи лідар. Сонар, абревіатура від Sound Navigation and Ranging, служить одним з основних методів вимірювання глибини для автономних суден. Ці системи випромінюють акустичні сигнали у товщу води, вловлюючи відблиски від морського дна та обчислюючи глибину на основі часу, необхідного для повернення сигналів. За допомогою складних алгоритмів обробки сигналів гідролокаційні системи розшифровують ці акустичні відлуння, витягуючи точні вимірювання глибини в реальному часі. Залежно від експлуатаційних вимог судна та умов навколишнього середовища можуть використовуватися різні конфігурації гідролокатора, включаючи ехолоти, багатопроменеві гідролокатори та гідролокатори бокового сканування, кожен з яких пропонує певні переваги щодо зони покриття, роздільної здатності та діапазону глибин [12]. Хоча системи LiDAR (Light Detection and Ranging) традиційно пов'язані з наземними та повітряними застосуваннями, вони стали додатковими інструментами для вимірювання глибини в певних морських середовищах, зокрема на мілководді. Використовуючи лазерні імпульси, що випромінюються на поверхню води, датчики LiDAR вимірюють час, який потрібен цим імпульсам, щоб відобразитися від морського дна та повернутися до датчика, таким чином визначаючи глибину води з надзвичайною точністю. Віднімаючи висоту датчика LiDAR над поверхнею води з виміряної відстані, отримують точні вимірювання глибини, збільшуючи можливості вимірювання глибини автономних суден, особливо в сценаріях, коли прозорість води та умови навколишнього середовища сприяють проникненню лазера. Повна інтеграція можливостей вимірювання глибини з навігаційними системами судна лежить в основі автономної навігації. Завдяки взаємодії з GPS (системою глобального позиціонування), ECDIS (системою відображення електронних карт та інформації) та іншими навігаційними інструментами вимірювання глибини узгоджуються з положенням судна, траєкторією та робочими параметрами в режимі реального часу. Ця інтеграція дає можливість автономним суднам приймати обґрунтовані навігаційні рішення на основі актуальної інформації про глибину, підвищуючи безпеку та ефективність під час планування та виконання маршруту. Крім того, вимірювання глибини візуалізуються та контекстуалізуються в навігаційному інтерфейсі судна, надаючи операторам повне розуміння глибин, небезпек і навігаційних обмежень уздовж запланованого маршруту. Щоб забезпечити точність і надійність вимірювань глибини в реальному часі, автономні судна використовують складні механізми моніторингу та зворотного зв'язку. Постійний моніторинг датчиків глибини, якості сигналу та умов навколишнього середовища дозволяє бортовим системам швидко виявляти аномалії або відхилення від очікуваних профілів глибини[10]. Будь-які розбіжності або нерівності в вимірюваннях глибини викликають попередження та сповіщення, що спонукає систему керування судном ініціювати коригувальні дії або

сповіщати оператора для подальшої оцінки. Ця ітераційна петля зворотного зв'язку сприяє стійкості та адаптивності в навігаційних динамічних морських середовищах, забезпечуючи цілісність вимірювань глибин протягом усього плавання. У той час коли автономні судна здатні виконувати навігаційні завдання, перевірка оператора та нагляд залишаються невід'ємними компонентами контролю глибинних вимірювань. Оператори мають доступ до вичерпних даних про глибину, включаючи діаграми глибин та сповіщення, що дозволяє їм перевіряти точність і послідовність вимірювань глибини протягом усього шляху. У випадках, коли виникають розбіжності або занепокоєння, оператори мають право втручатися, коригувати навігаційні параметри або ініціювати ручні пере визначення, якщо це необхідно для забезпечення безпечної та надійної навігації. Ця динаміка співпраці між автономними системами та людьми-операторами підкреслює важливість людського нагляду для захисту від навігаційних небезпек і пом'якшення експлуатаційних ризиків.

У мілководній навігації вимірювання глибини в реальному часі відіграє вирішальну роль у безперервному моніторингу глибини води вздовж запланованого маршруту судна. Такі датчики, як лідар і сонар, надають дані про глибину з високою роздільною здатністю, які обробляються для створення детальних карт глибини. Ці карти визначають мілководні ділянки та потенційні перешкоди, керуючи процесом планування маршруту [9, 11].

Висновки. При плаванні в прибережних районах автономних суден проявляється значний вплив мілководдя на маневрені характеристики повороткості, який досягає 0.5–1.5 кбт. При плануванні координат шляху, як показали наші розрахунки, величина похибок при плануванні за рахунок неврахування ступені мілководдя, досягає 100–150 метрів, що на порядок більше похибок визначення місця судна.

При дистанційному управлінні автономного судна допустиме відхилення центра ваги від планових траєкторних точок досягає 2–5 метрів. Тому при плануванні шляху траєкторними точками по таблиці шляхових точок необхідно враховувати вплив мілководдя на характеристики повороткості. Крім того необхідно використовувати системи підтримки прийняття рішень для перерахунку координат супутникової антени на центр ваги і постійно визначати бічний зсув центру ваги відносно планових координат. Для контролю ширини полоси маневреного зсуву необхідно оперативно визначати абсцису полюса повороту по допплерівському лагу під час руху і по ній розраховувати максимальну ширину полоси, включаючи криволінійний рух, при виконані поворотів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мальцев А. С. Методологические основы маневрирования судов при сближении. / А. С. Мальцев, В. В. Голиков, И. В. Сафин, В. В. Мамонтов // – Одесса.: ОНМА, 2013. – 218 с.

2. Caccia M., Bibuli M., Bono R., Bruzzone G., Bruzzone G., Spirandelli E.Unmanned surface vehicle for coastal and protected waters applications: The charlie project Marine Technology Society Journal, 41 (2) (2007), pp. 62–71.

3. Daejeong Kim, Tahsin Tezdogan, Atilla Incecik Hydrodynamic analysis of ship manoeuvrability in shallow water using high-fidelity URANS computations Applied Ocean Research Volume 123, June 2022.

4. Erik Veitch, Ole Andreas Alsos A systematic review of human-AI interaction in autonomous ship systems Safety Science Volume 152, August 2022, 105778.

5. I. Bačkalov Safety of autonomous inland vessels: An analysis of regulatory barriers in the present technical standards in EuropeSaf. Sci., 128 (2020), Article 104763.

6. H.-C. Burmeister, W. Bruhn, Ø. J. Rødseth, T. Porathe Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-Navigation implementation: The MUNIN perspectiveInt. J. e-Navigation Maritime Economy, 1 (2014), pp. 1–13.

7. C. Fan, K. Wróbel, J. Montewka, M. Gil, C. Wan, D. ZhangA framework to identify factors influencing navigational risk for Maritime Autonomous Surface ShipsOcean Eng., 202 (2020), Article 107188.

8. Hinostroza MA, Guedes Soares C. Collision avoidance, guidance and control system for Autonomous Surface Vehicles in complex navigation conditions. Progress in Maritime Technology and Engineering. 2018.

9. Learning Lokukaluge Prasad Perera. Autonomous Ship Navigation Under Deep and The Challenges In COLREGS. Proceedings of the 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, Madrid, Spain. 2018.

10. Maurits Van Den Boogaard, Andreas Feys, Mike Overbeek, Joan Le Poole, Robert Hekkenberg. Control concepts for navigation of autonomous ships in ports. Proceedings of the 10th Symposium on High-Performance Marine Vehicles (HIPER 2016), Cortona, Italy. 2016.

11. Shumilova, K., Shumilov, D. and Maltsev, A. (2024) "Classification of Cyber Risks for Sea Vessel's Voyage Cycle", *Transactions on Maritime Science*. Split, Croatia, 13(1). doi: 10.7225/toms.v13.n01.w20.

12. Wei, P.; Cagle, L.; Reza, T.; Ball, J.; Gafford, J. LiDAR and Camera Detection Fusion in a Real Time Industrial Multi-Sensor Collision Avoidance System. Electronics 2018,7, 84.

УДК 656.61.052

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ВЕЛИКОГО КОНТЕЙНЕРОВОЗА З ВИБОРОМ МАРШРУТУ ЧЕРЕЗ ОКЕАН, ВПЛИВ ПАРАМЕТРИЧНОЇ КАЧКИ ТА ПОВЕДІНКА СУДНА НА ВИСОКИХ ХВИЛЯХ

Перникоза В. В., Бурчак О. І., Федотов А. В.
Національний Університет «Одеська Морська Академія»
(Україна)

Тенденції збільшення суден контейнеровозів спостерігається кожен рік. Починаючи з 2010 року майже всі контейнерні компанії почали будувати дуже великі судна, що можуть перевозити десятки тисяч контейнерів за раз. Сучасне кріпильне обладнання дозволяє зафіксувати 9–10 ярусів контейнерів на палубі великих суден довжиною 400 метрів, шириною понад 60 метрів та вантажомісткістю майже 25 тисяч контейнерів (Рис. 1).

Рис. 1 – Ультра великий контейнеровоз

Ці судна мають велику осадку (до 17 метрів) та велику метацентричну висоту, яка дозволяє майже не відчувати коливання судна на хвилях до 5 метрів. Якщо таке судно перетинає океан в погану погоду, можуть виникнути складнощі з безпечним перевезенням вантажу (контейнерів) на палубі. Навіть при незначному крені в 15 градусів може статися втрата вантажу за борт. І зовсім жахливі події відбуваються, коли такий великий контейнеровоз стикається з параметричною качкою.

Проблема параметричної качки стала зрозуміла для контейнеровозів лише протягом останніх 25 років. У жовтні 1998 року контейнеровоз “APL China” почав різко кренитися на 30–40 градусів під час сильного шторму в Тихому океані. Судно втратило *406* контейнерів, ще 1000 було пошкоджено.

30 листопада 2020 року 364-метровий контейнеровоз “ONE Apus” зазнав лиха в Тихому океані під час рейсу з Яньтянь, Китай, до Лонг-Біч, США. *1816* контейнерів випали за борт приблизно в 1600 морських миль на північний захід від Гаваїв. Сотні інших контейнерів завалилися на палубу (Рис. 2).

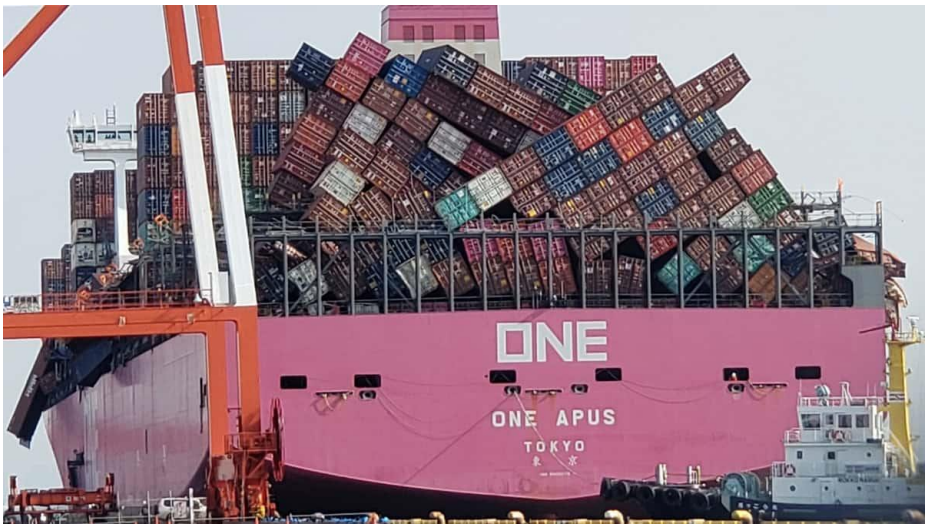


Рис. 2 – Судно «ONE Apus» після аварії в японському порту

Збитки компанії, судові справи від позивачів та репутаційні втрати по різним оцінкам склали від 250 до 300 мільйонів доларів. В лютому 2024 року JTSB (Japan Transport Safety Board), підрозділ японського міністерства землі, інфраструктури, транспорту та туризму, оприлюднив репорт з розслідування цього інциденту [1]. Японські слідчі ретельно дослідили обставини та перебіг цієї аварії в Тихому океані. З'ясувалося, що капітани в компанії ONE не прокладають маршрут судна через океан. Капітану *"One Apus"* прислали ймовірний маршрут судна з Китаю до США на затвердження та корекцію незначних змін (Рис. 3). Ці маршрути, зазвичай, складаються з урахуванням тільки витрати палива судна. Безпека судна та вантажу відсуваються на другорядний план в цих рекомендованих маршрутах від компанії.

Тобто, нівелюються всі знання та досвід капітана та його офіцерів, які перебувають на борту. Капітану просто кажуть яким маршрутом їхати і покладають на нього всю відповідальність за збереження вантажу та безпеку судна і екіпажу [1]. А потім, коли судно опиняється між потужними субтропічними циклонами посеред океану, капітану треба якось перемогти сили природи та гравітації. Цей підхід до планування рейсу є абсолютно хибним, що довела аварія з *"One Apus"*. Правильно було би, щоб капітан сам прокладав ймовірний маршрут судна та відправляв цей маршрут на доопрацювання і поради компанії. Капітана, по суті, від самого початку переходу через океан, змушують вести судно за маршрутом, намальованим в офісі компанії людьми, які дуже часто не працювали в морі та мають досить посередні знання про навігацію, остійність та безпеку судна.

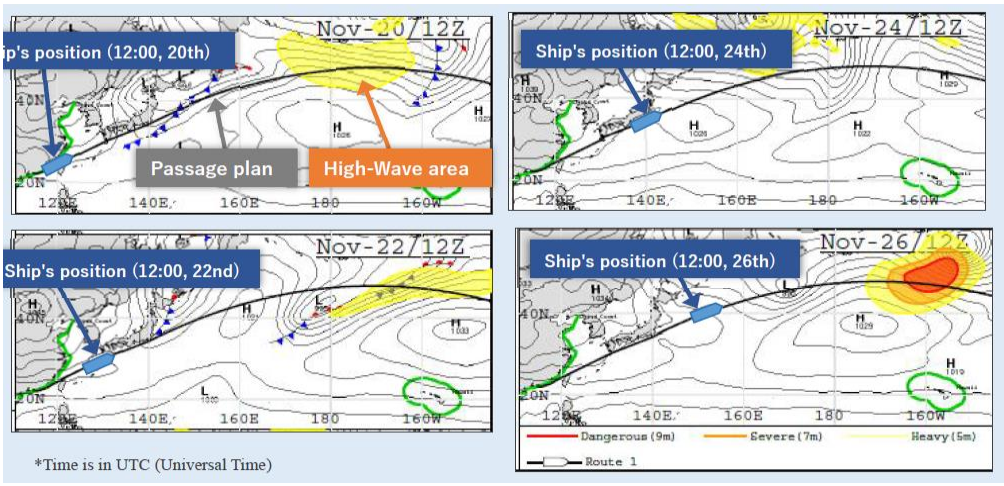


Рис. 3 – План переходу через Тихий океан для «ONE Apus»,надісланий з офісу керуючої компанії

В той же час, капітан втрачає навички оцінки обстановки в морі та повністю довіряє компанії, яка перебрала його повноваження на себе. В процесі рейсу капітан декілька раз змінював маршрут свого судна, максимально дотримуючись запланованого переходу від компанії. 30 листопада судно наблизилось до лінії зміни дат (приблизно 33°N 172°E) і відчувати крен до 10 градусів [1]. Капітан змінив курс судна з 099° до 129° (Рис. 4).

Рис. 4 – Маршрут судна «ONE Apus» з монітора ECHIC до аварії

Цим маневром капітан судна хотів відійти подалі від області високих океанських хвиль (більше 5 метрів), які рухались з північного заходу (Рис. 5).

Day Time	Wind		Waves				Swell			
	Direction (°)	Speed (m/s)	Direction (°)	height (m)	length (m)	Period (s)	Direction (°)	height (m)	length (m)	Period (s)
November 30 12:00	319	21.44	315	1.92	77.18	7.03	330	5.50	354.66	15.08
15:00	319	20.16	315	1.66	63.80	6.40	330	5.97	354.66	15.08
18:00	333	18.05	330	1.53	63.80	6.40	330	5.77	354.66	15.08
21:00	279	13.54	285	0.84	36.00	4.80	330	5.77	354.66	15.08
December 1 00:00	327	13.53	330	0.84	36.00	4.80	330	5.53	354.66	15.08
03:00	346	13.25	345	0.81	36.00	4.80	330	5.28	293.10	13.71
06:00	351	9.37	345	0.44	20.33	3.61	330	4.99	293.10	13.71

Рис. 5 – Хвильовий аналіз в районі перебування судна «ONE Apus» 30 листопада 2020 року

Капітан напевно не знав або не усвідомлював наслідки параметричної качки для великих контейнеровозів. Тому змінив курс судна з 129° до 140°, створивши ідеальні умови для виникнення параметричної качки.

Умови для виникнення параметричної качки [2–8]:

1. Напрямок руху хвиль є з носа або з корми, та становить 30 градусів від центральної лінії судна (напрямок зибу 330°, курс судна 140° + 180° = 320°).

2. Період хвилі становить приблизно половину періоду власного крену судна. (період хвилі 6.40 – 4.80 сек., період власного крену судна – 10.3 сек.).

3. Океанська зиб з довжиною хвилі, близька до довжини судна, викликає максимальну варіацію GM (довжина хвилі зибу становила 355 метрів, довжина судна 400 метрів).

Завдяки зміні площі водної площини, метацентрична висота (GM), тобто остійність судна, змінюється: в западині між хвилями водна площина збільшується – остійність (GM) теж збільшується, на гребні хвилі водна площина зменшується – остійність (GM), стає менше. Зменшення плеча випрямлення GZ1 на гребені хвилі викликає більший крен. Судно випрямляється завдяки збільшеному плечу випрямлення GZ2 у западині хвилі, коли хвиля проходить повз судно. Судно на хвилі поводиться динамічно, тобто починає кренування, а при поверненні з першого великого крену швидше проходить вертикальне положення [2] (Рис. 6).

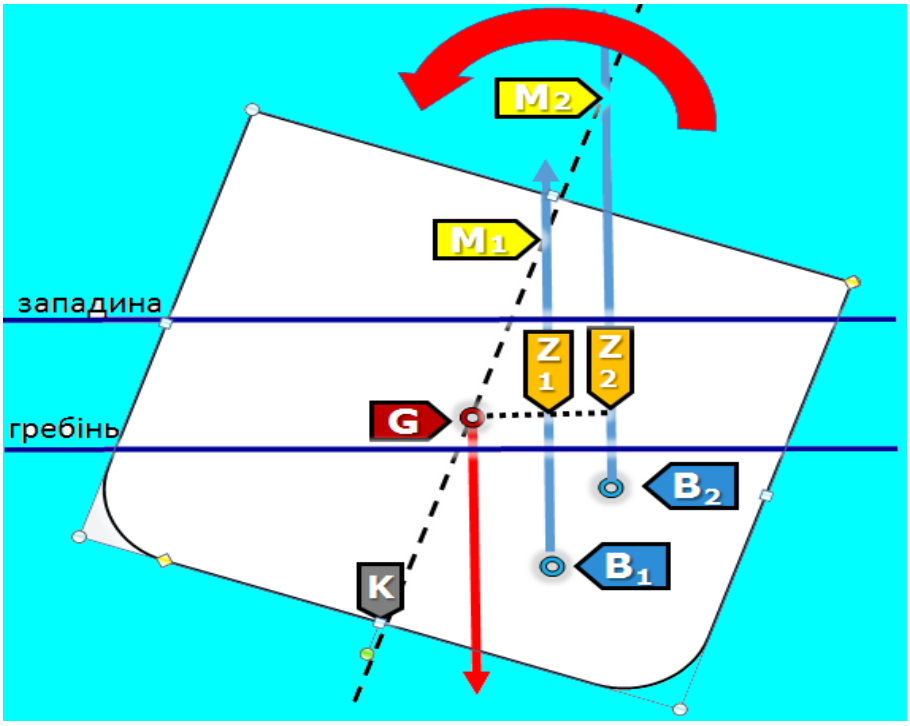


Рис. 6 – Зміна метацентричної висоти судна на гребні та западенні хвилі

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку. На превеликий жаль не всі моряки, які працюють на великих контейнеровозах мають дуже слабкі знання про параметричну качку та умови виникнення. Багато хто чув про це явище (80%), але не може пояснити причини параметричної качки. Тільки 10% опитаних моряків в процесі навчання на курсах змогли виразно пояснити умови виникнення та способи запобігання явища параметричної качки. Ще 10% моряків ніколи не чули про параметричну качку та не усвідомлюють наслідки цього стану судна.

Майже неможливо вжити будь-які дії, в зміні курсу або швидкості, коли судно повністю відповідає умовам виникнення параметричної качки, та великий контейнеровоз вже потерпає від кутів крену, що перевищують 20°. Отже, важливо вжити необхідних заходів, щоб уникнути фатального впливу параметричної качки.

Компанії, які експлуатують великі контейнеровози, мусять навчити моряків приймати правильні рішення, щоб уникнути подібних аварій, як з судном *“One Apus”*. Змінити відношення до капітанів в їхньому праві керувати судном та обирати безпечний маршрут для свого судна. Якщо цього не зробити, то втрата ще більшої кількості контейнерів в морі неминуча та буде періодично повторюватися.

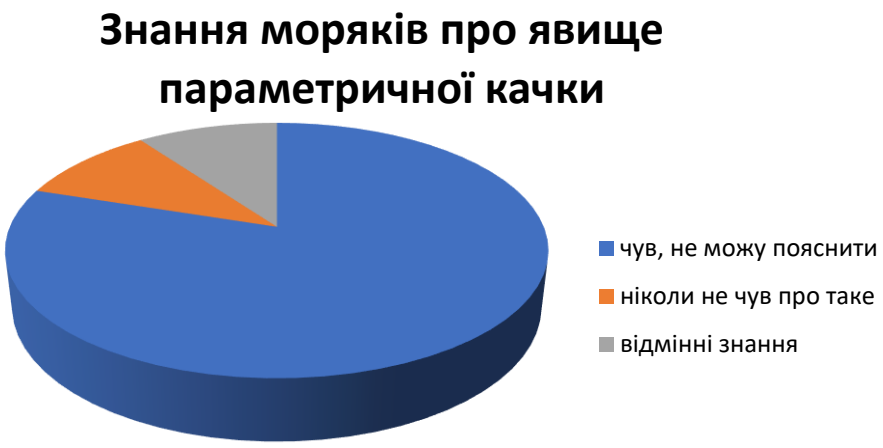


Рис. 7 – діаграма знань моряків про параметричну качку судна

ЛІТЕРАТУРА

1. Marine accident investigation report. Container Ship “ONE APUS”. Japan Transport Safety Board, February 7, 2024.
2. Guidelines on Preventive Measures against Parametric Rolling. Class NK, 2023.
3. Introduction to Parametric Rolling Motion (PRM). The Nautical Institute, London, UK, 2014.
4. Revised Guidance to the Master for Avoiding Dangerous Situations in Adverse Weather and Sea Conditions. International Maritime Organization, London, 2007.
5. Development of Second Generation Intact Stability Criteria. International Maritime Organization, London, 2011.
6. Evaluation of vulnerability to parametric rolling. KTH Royal Institute of Technology School of Engineering Sciences, Stockholm, 2016.
7. Assessment of parametric roll resonance in the design of container carriers. American Bureau of Shipping, 2019.
8. Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions. International Maritime Organization, London, 2017.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ГАБАРИТІВ СУДНА ВІДНОСНО ОПОР МОСТУ

Терновський В. Б.
Одеський національний морський університет
(Україна)

Вступ. Масштабна аварія, що призвела до зіткнення контейнеровозу MV «Dali» з опорою мосту Френсіса Скотта Кі в Балтиморі та спричинила руйнування мосту знову загострила питання безпеки судноплавства при проході великогабаритних суден під мостами. Зараз з боку експертів лунають обвинувачення у бік уряду штату Меріленд (США) щодо недостатнього захисту мосту. Коли у 1977 році міст був відкритий, вантажні судна були меншими і легшими за сучасні. З того часу їх розміри значно збільшилися. Судна стали майже вдвічі довші і значно ширші, а отже – більш небезпечними для транспортних споруд, якими є мости.

Сьогодні найбільші у світі контейнеровози мають довжину 400 метрів, ширину до 61,5 метра і здатні перевозити близько 24 000 TEU. Очікується, що потреба у великих суднах збережеться у майбутньому, наразі вже є прогнози щодо появи контейнеровозів, здатних перевозити до 30–50 тис. TEU [1]. Проте зі збільшенням розмірів суден зростає ризик великих аварій.

Актуальність досліджень. Як відомо, для екіпажу судна складність проходу під будь-яким мостом полягає, по-перше, в тому, що рух судна відбувається у вузкості, де можливості маневрування обмежені через різні небезпечні явища, по-друге, поведінка судна на мілководді істотно відрізняється від умов плавання на глибокій воді, а малий запас води під кілем у цих умовах є реальною навігаційною небезпекою. У випадку судна, яке має великі розміри, ситуація ще більш ускладнюється.

Системи активного раннього сповіщення про зіткнення суден з мостом в основному функціонують за допомогою системи управління рухом суден, автоматичної ідентифікації судна (AIC) [4] у поєднанні із системою відеоспостереження. Інвестиції в ці системи дуже великі, однак при використанні моделей активного попередження, як і раніше, виникають деякі помилкові сигнали тривоги або вони відсутні. Існуючі моделі прогнозування ризику зіткнення судна з мостом по різному намагаються аналізувати вплив розмірів судна на вірогідність зіткнення [2, 3], проте результати розрахунків далеко не завжди є задовільними, оскільки недостатньо точно враховують розміри великого судна.

Таким чином, існує об’єктивна необхідність підвищення точності прогнозування ризику зіткнення з мостом для суден, які мають великі розміри.

Постановка задачі. Метою даної роботи є обґрунтування індексу ризику зіткнення, який здатний враховувати точні розміри великогабаритного судна, що рухається по каналу для проходу під мостом.

Наразі всі сучасні судна обладнаються системою автоматичної ідентифікації судна (AIC) [3, 4], а берегові системи безпеки мають можливість безперервно відстежувати інформацію від AIC. Для різних типів та розмірів судна відстані від місця встановлення датчика положення судна (антена AIC) до крайніх точок, які визначають межі габаритів судна, відрізнятимуться. Але, маючи інформацію про конкретне судно, ці дані можна заздалегідь розрахувати, а потім використати їх для визначення координат габаритів судна відносно опор мосту та прогнозування ризику зіткнення з мостом.

Результати дослідження. Для реалізації методу використовується система координат «судно-міст», в якій в якості поздовжньої осі (вісь X) прийнята осьова лінія судноплавного каналу (рис. 1). Напрямок осі X співпадає з напрямком входу судна в канал. Точка O на осі X є початком координат, одночасно вона позначає точку входу судна в зону дії активної системи раннього попередження, яка обмежена точками

$P_1P_3P_4P_2$. В якості горизонтальної осі використовуємо вісь Y, яка є перпендикулярною до осьової лінії каналу і збігається із зовнішньою межею P_1P_2 зони $P_1P_3P_4P_2$. Лінія O_1O_2 , яка позначає міст, перетинається з віссю X у точці O'; відстань OO' = O'O"; лінія P_3P_4 паралельна лінії P_1P_2; лінії P_1P_3 і P_2P_4 проходять через опори мосту (точки O_1 і O_2 відповідно) і є паралельними щодо лінії OO".

Точки C_1, C_2, C_3, C_4, – позначають межі судна (його габарити). У межах габаритів судна позначені: точка C – місце розташування датчика положення судна (антена AIC); L, B – довжина і ширина судна; β – кут між напрямком курсу судна та віссю X; N_1 – лінія напрямку руху судна, що проходить через точку C датчика положення; N_2, N_3 – лінії, що проходять через носову і кормову частину судна перпендикулярно напрямку руху судна; C_3 – точка перетину N_1 і N_2; C_4 – точка перетину N_1 і N_3.

Точки M_1 і M_2 – проекції точок C_1 і C_2 судна на лінію O_1O_2, яка проходить під мостом між опорами O_1 і O_2 (тобто M_1 і M_2 – найдальша та найближча точки проекції габаритів судна на міст O_1O_2). Якщо судно перетинає зовнішню межу P_1P_2, починає працювати активна система раннього попередження для запобігання зіткненню судна з мостом.

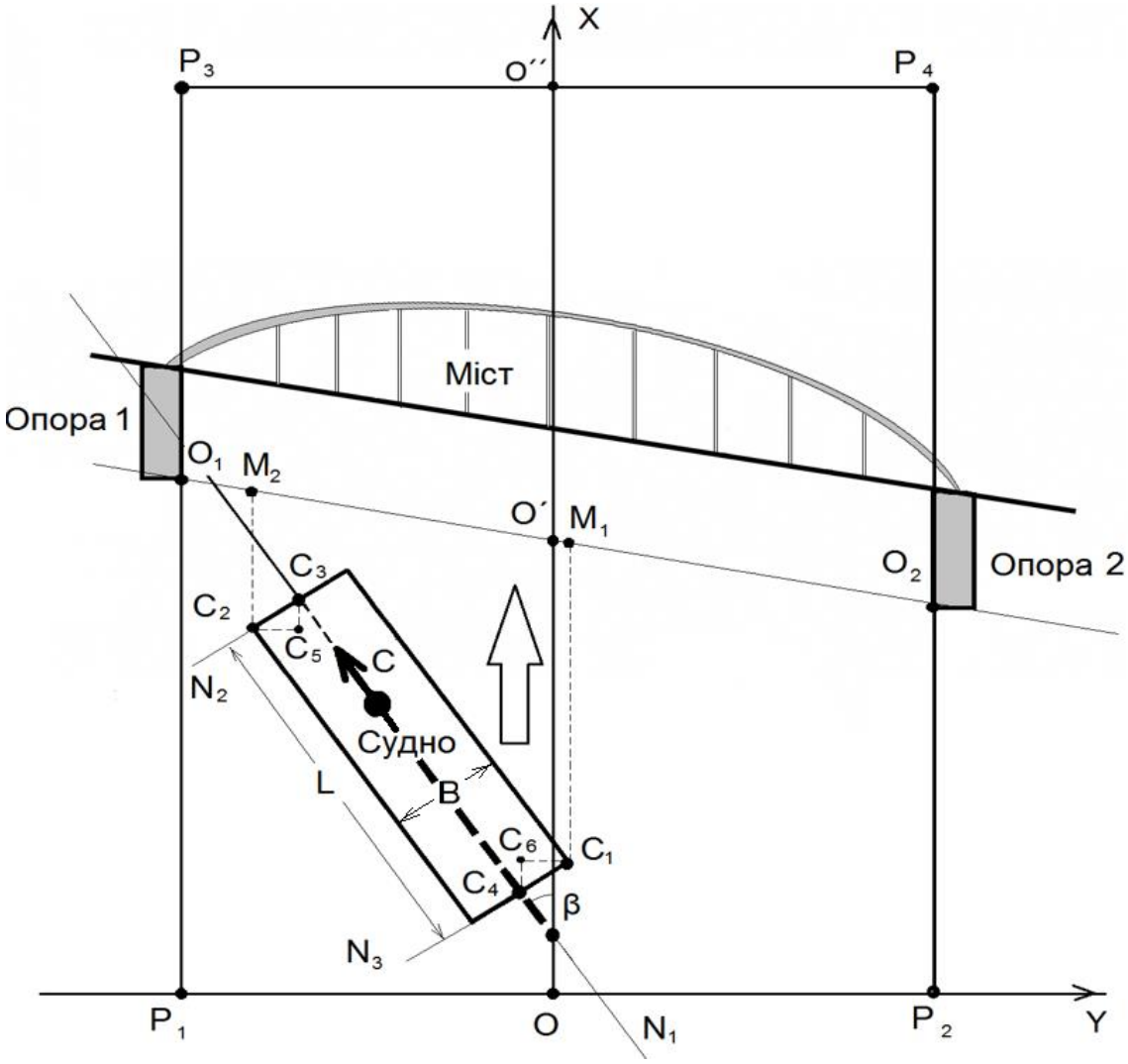


Рисунок 1 − Геометричне співвідношення осьової лінії каналу, судна і мосту

На рис. 1 зображений випадок, коли судно наближається до лівої опори мосту (точка O_1). Розташування судна відносно мосту визначається точками: C_1 – точка праворуч заднього положення судна (крайня точка праворуч), C_2 – точка ліворуч переднього положення судна (крайня точка зліва). В якості прикладу прийняті такі співвідношення: $C_3C = 0{,}45L$, $C_2C_3 = 0{,}51B$, $C_4C = 0{,}55L$ та $C_1C_4 = 0{,}49B$ (для MV «Dali»).

За допомогою математичних виразів проекції Меркатора точки координат довготи і широти (λ, ϕ) судна і мосту, під яким повинно пройти судно, перетворемо в нові точки координат (X,Y) у системі координат «судно-міст». Тоді точка С датчика положення судна буде мати координати (Y_c,Y_c). Для точок C_3 та C_4 зв'язок між координатами (X,Y) можна визначити за допомогою рівняння:

$$X = |Y - Y_c| \operatorname{tg}(90° - |\beta|) + X_c \,. \quad (1)$$

Координати положення точок $C_3(Y_3,X_3)$ і $C_4(Y_4,X_4)$ визначаємо за допомогою рівнянь (2) і (3):

$$0{,}45\ L = \sqrt{(Y_3 - Y_c)^2 + (X_3 - X_c)^2}\,,$$
$$X_3 = (Y_3 - Y_c) \operatorname{tg}(90° - |\beta|) + X_c \,, \quad (2)$$

$$0{,}55\ L = \sqrt{(Y_4 - Y_c)^2 + (X_4 - X_c)^2}\,,$$
$$X_3 = (Y_4 - Y_c) \operatorname{tg}(90° - |\beta|) + X_4 \,. \quad (3)$$

У трикутнику $C_3C_2C_5$ довжина C_2C_3 становить 0,51В і, згідно з геометричним співвідношенням, $\angle C_3C_2C_5 = \beta$. Тоді координати точки C_2 можна виразити за допомогою рівняння:

$$Y_1 = Y_3 + 0{,}51B \sin(90° - |\beta|). \quad (4)$$

Аналогічно у трикутнику $C_4C_1C_6$ визначаємо координати точки C_1:

$$Y_1 = Y_4 - 0{,}49B \sin(90° - |\beta|). \quad (5)$$

Оскільки точки M_1 і M_2 є проекціями на міст точок C_1 та C_2, то горизонтальні координати M_1 і M_2 дорівнюють відповідним значенням Y_1 та Y_2.

Запишемо для координат опор моста $O_1(Y_{O1},X_{O1})$, $O_2(Y_{O2},X_{O2})$ функціональну залежність у вигляді:

$$X = \frac{(Y - Y_{O2})\cdot(X_{O1} - X_{O2})}{Y_{O1} - Y_{O2}} + X_{O2} \quad (6)$$

та визначаємо координати (Y_M, X_M) точки перетину осьової лінії каналу з лінією O_1O_2 (точка М):

$$Y_M = 0; \quad X_M = X_{O2} - \frac{Y_{O2}\cdot(X_{O1} - X_{O2})}{Y_{O1} - Y_{O2}}\,. \quad (7)$$

В системі координат «судно-міст» вертикальні координати точок M_1 і M_2 згідно з горизонтальним масштабом дорівнюють відповідним значенням X_1 і X_2. Тоді повні координати цих точок запишемо, як: $M_1(Y_1, X_2)$, $M_2(Y_2, X_2)$.

У підсумку ми розрахували відстані від точок M_1 і M_2 до точки O' на осьовій лінії каналу та відстані до лівої опори мосту (до точки O_1).

На підставі геометричних співвідношень мосту, опори та осьової лінії каналу, а також даних про довжину відстаней M_2O', $O'M_1$, O_1M_2, O_1M_1 побудовано модель індексу ризику зіткнення судна з мостом:

$$i_1 = \frac{O'M_2}{O_1M_2}\,; \qquad i_2 = \frac{O'M_1}{O_1M_1}\,. \quad (8)$$

У розглянутому прикладі ризик зіткнення судна з мостом у верхній лівій кінцевій точці C_2 є найбільшим, а у точці C_1 – найменшим (рис. 1).

Висновки. Ґрунтуючись на інформації про геометричне співвідношення положення судна, опор мосту та осі каналу, можна судити, чи знаходиться судно у небезпечній зоні плавання.

Таким чином, розроблений алгоритм дає можливість оцінити ризик зіткнення судна з мостом з огляду на його габарити. Якщо індекс ризику судна, що рухається поточним курсом, загалом вищий за норму, системи раннього сповіщення повідомить капітану про необхідність скоригувати курсу судна, щоб ефективно знизити ризик зіткнення з мостом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Park, N.; Suh S. Tendency toward Mega Containerships and the Constraints of Container Terminals. J. Mar. Sci. Eng. 2019, 7, 131; doi:10.3390/jmse7050131.

2. Wu, B.; Guo, f.; Fu, S.; Wang, Y.; Yan, X. Risk early warning method of ship collision with bridge based on fuzzy logic. China Navig. 2019, 42, 47–51+65.

3. Zhu, F.; Liang, X.; Zhang, Y.; Gao, Z. Research on the application of AIS in bridge collision avoidance. In Ship Mooring Practice Research; The 5th Marine Ship Steering Committee: Shanghai, China, 2010; pp. 171–173.

4. Zhu, F.; Liang, X.; Zhang, Y.; Gao, Z. Research on the application of AIS in bridge collision avoidance. In Ship Mooring Practice Research; The 5th Marine Ship Steering Committee: Shanghai, China, 2010; pp. 171–173.

СЕКЦІЯ:

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

SECTION:

INFORMATION TECHNOLOGIES, SYSTEM ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELLING OF COMPLEX OBJECTS

ANALISIS OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF VARIOUS WAGON TYPES FOR INTERMODAL TRANSPORT BY MEANS OF COMPUTER SIMULATIONS

Ishchuk V., Dižo J., Lovska A., Blatnický M.
University of Žilina
(Slovak Republic)

Introduction. Intermodal transport entails employing multiple transportation modes to convey a cargo unit, either by utilizing different modes individually or in combination, without requiring any handling of its contents during the entire journey. Within Europe, intermodal transportation is a fundamental component of transportation strategies [1].

One significant benefit is the mitigation of environmental pollution through the minimization of CO2 emissions and strategic planning to keep road segments as brief as feasible. By tailoring specific transportation modalities to suit the requirements of the supply chain, the strengths of each method are leveraged, rendering transportation sustainable and among the most adaptable and market-driven options available. Although intermodal transportation offers numerous advantages, it necessitates suitable infrastructure and meticulously planned organization [2].

Rail transportation is pivotal within the intermodal transport framework, enabling the amalgamation of various transport modes. Guaranteeing the stability and consistency of transportation necessitates that rail transport is both secure and reliable, mitigating the potential risks of accidents and delays inherent in goods movement. The dynamic characteristics demonstrated during the movement of the rail vehicles are crucial in ensuring the safe passage of rail vehicles [1, 2].

Methods. Various types of rail wagons are employed for intermodal container transportation, exhibiting distinctions in design, dimensions, axle count, and other pertinent attributes. Notably, specific emphasis is warranted on 60- and 80-foot, 4-axle flat wagons, alongside 6-axle articulated wagons, within the spectrum of wagons tailored for intermodal transit [3,4].

These three categories of wagons designated for intermodal transportation were selected as prototypes for the development of simulation models utilizing Simpack software (refer to Figure 1). These models comprise two bogies each (three two-axle bogies for the articulated wagon), accompanied by a primary frame where standard 40 ft ISO containers are affixed.

Figure 1 – MBS model of wagons for intermodal transport: a) – 60 ft 4-axle flat wagon, b) – 80 ft 4-axle flat wagon, a) – 60 ft 4-axle flat wagon, c) – 6-axle articulated wagon

During movement, a rail vehicle encounters various forces, encompassing both static and dynamic components. Nevertheless, paramount importance, particularly concerning safety considerations, is attributed to the traversal of a train through curved segments of the track [5].

In curved motion, a pivotal metric of concern is the safety against derailment quotient. This quotient, denoted as *Y/Q*, is a critical measure derived from the ratio of the lateral wheel force *Y* to the vertical wheel force *Q*. Ensuring a favourable *Y/Q* ratio is imperative for safeguarding against potential derailment incidents during locomotion through curved sections of the track.

$$\frac{Y}{Q} = \frac{tg\beta_1 - f}{1 + f \cdot tg\beta_1} \tag{1}$$

The pivotal threshold of the derailment quotient *Y/Q*, crucial for the movement of vehicles along a curve, is specified based on a wheel flange slope β of 70° for the UIC-ORE wheel running profile. For curves with a radius exceeding 250 meters, the critical value stands at 0.8, while for curves with a radius below this threshold, it is set at 1.2. This distinction underscores the varying safety considerations contingent upon the curvature of the track [5-7].

The safety of rail vehicles is not solely contingent upon the ratio of lateral to vertical forces, denoted as *Y/Q*, but also on the magnitude of these forces. A quasi-static limit of 60 kN is imposed for the lateral wheel force *Y*, while for the vertical wheel force *Q*, the quasi-static threshold is 145 kN. Additionally, the dynamic value of the vertical wheel force fluctuates between 160 and 200 kN, contingent upon both the static value and the speed of the vehicle. These parameters collectively dictate the safety parameters governing rail vehicle operations [8].

The calculations were conducted on a specific track segment delineated in Figure 2. This chosen section spans a length of 1100 meters and adheres to standard railway specifications, featuring a gauge of 1435 mm and utilizing a UIC60 rail profile. Operating at a track speed of 80 km/h, the selected track section encompasses curves with a radius measuring 250 meters. These parameters provide the contextual backdrop for the simulation analyses, offering insights into the dynamic behaviour of the evaluated wagon configurations within a representative rail setting.

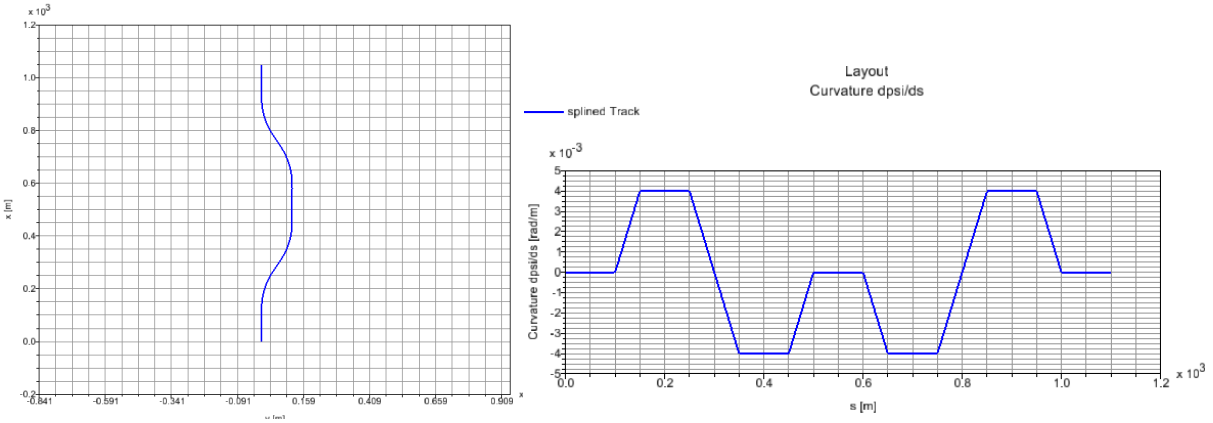


Figure 2 – Section of rail track in MBS software Simpack:
a – tracing in the horizontal plane; b – curvature layout

The Simplified Theory by Kalker (FASTSIM) was applied in simulation for the wheel-rail contact calculation. Duration of the simulation was 50 s, sampling frequency – 200 Hz, rail vehicle running speed – 80 km/h.

Result. The outcomes of the *Y/Q* derailment quotient calculations for the simulation models were graphically depicted in the oscillogram (refer to Figure 3) and conducted at a velocity of 80 km/h along a track devoid of irregularities. Upon scrutiny of the oscillogram (Figure 3), it becomes evident that the maximum allowable derailment quotient, denoted as *Y/Qmax* = 0.8 (pertaining to curves with a radius exceeding 250 m), has not been exceeded. Specifically, for the 60 ft 4-axle flat wagon, the maximum *Y/Q* value is recorded at 0.45308, for the 80 ft 4-axle flat wagon, it stands at 0.4792, and for the 6-axle articulated wagon, the *Y/Q* ratio is documented as 0.4941. These findings illustrate the adherence to safety thresholds across the analyzed rail vehicle configurations.

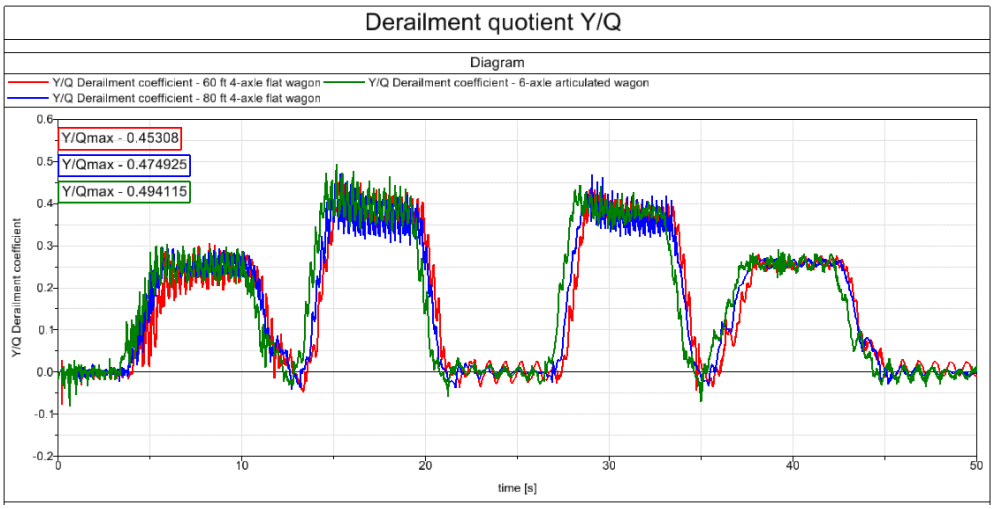


Figure 3 – Oscillogram of the derailment quotient *Y/Q*

Additionally, simulation computations were conducted to determine the lateral wheel force Y and the vertical wheel force Q. The corresponding diagrams illustrating these forces are depicted in the subsequent oscillograms (refer to Figure 4 and Figure 5).

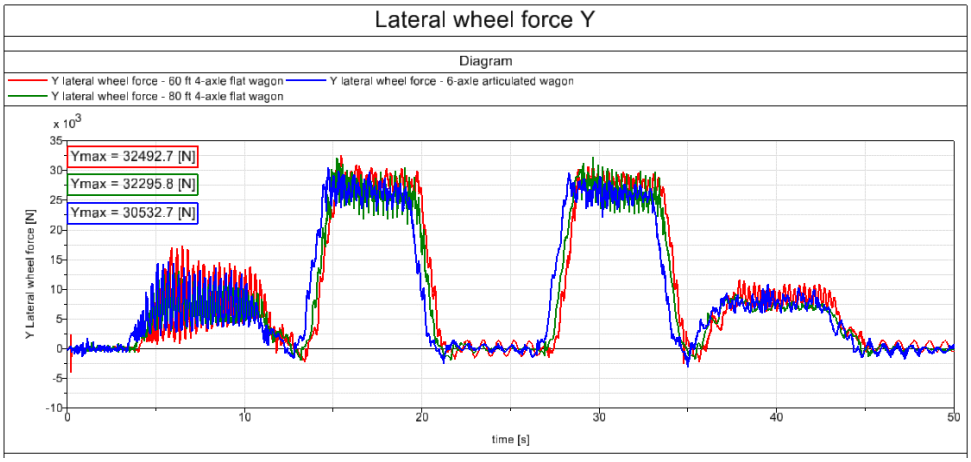


Figure 4 – Oscillogram of lateral wheel forces *Y*

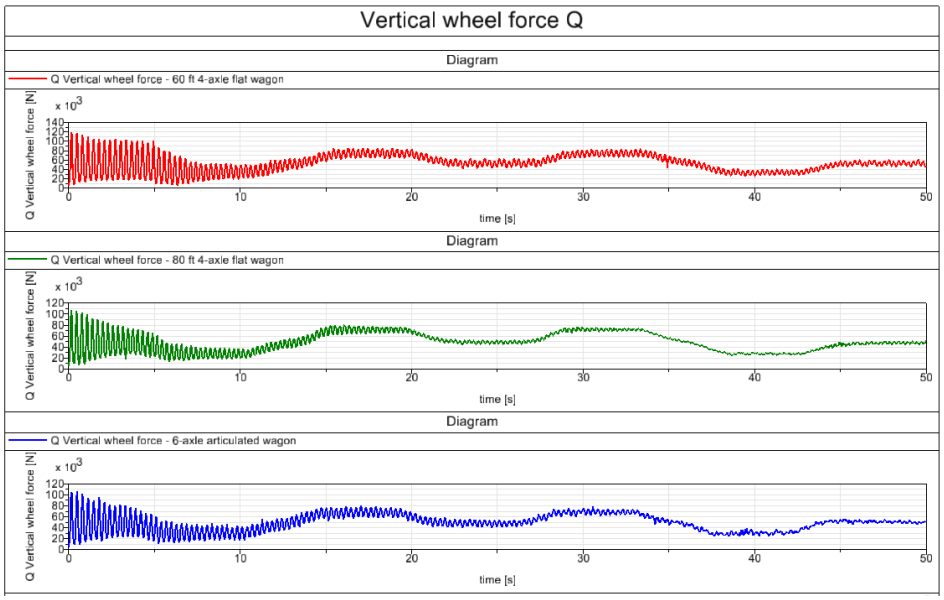


Figure 5 – Oscillogram of vertical wheel forces *Q*

Conclusion. The study conducted simulations to assess the dynamic characteristics of three variants of wagons tailored for intermodal transportation. Key parameters analyzed included the lateral wheel force *Y*, the vertical wheel force *Q*, and the derailment quotient *Y/Q*. Graphical representations demonstrate that all three parameters remained within acceptable thresholds across the diverse wagon configurations. Specifically, the maximum values for lateral wheel forces *Y* were 32.492 kN for the 60 ft 4-axle flat wagon, 32.295 kN for the 80 ft 4-axle flat wagon, and 30.532 kN for the 6-axle articulated wagon. Notably, these values did not surpass the permissible maximum lateral force limit of 60 kN. Regarding vertical wheel forces *Q*, maximum values recorded were 119.355 kN for the 60 ft 4-axle flat wagon, 107.332 kN for the 80 ft 4-axle flat wagon, and 105.986 kN for the 6-axle articulated wagon. Importantly, both the quasi-static and dynamic limits for vertical wheel forces were not exceeded, and the maximum axle load of 21.5 tonnes remained unbreached. Furthermore, the critical derailment quotient $Y/Qmax = 0.8$, applicable for curves with radii exceeding 250 m, was not surpassed. These findings collectively affirm the safety of the three wagon designs for intermodal transport, particularly concerning their dynamic performance on the rail network.

Acknowledgement

This publication was supported by the Cultural and Educational Grant Agency of the Ministry of Education of the Slovak Republic within the project KEGA 031ŽU-4/2023: Development of key competencies of the graduate of the study program Vehicles and Engines.

REFERENCES

1. ZSSK CARGO: Intermodal transport [online]. Available from: https://www.zscargo.sk/en/services/rail-freight-transport/intermodal-transport.

2. PCC Group: Intermodal transport – organisation, benefits, and key challenges [online]. Available from: https://www.products.pcc.eu/en/blog/intermodal-transport-organisation-benefits-and-key-challenges/.

3. Štastniak P., Kurčík P., Pavlík A.: Design of a new railway wagon for intermodal transport with the adaptable loading platform, MATEC Web of Conferences, 235, 2018.

4. Fabian P., Gerlici J., Masek J., Marton P.: Versatile, efficient and long wagon for intermodal transport in Europe, Communications – Scientific Letters of the University of Žilina, 15(2), 2013, pp. 118–123.

5. Kalinčák D.: Rail vehicles I (In Slovak), University of Žilina: EDIS, 2008. ISBN 978-80-8070-864-1.

6. EN 14363, Railway applications Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles European Committee for standardization.

7. Safety – Track Fatigue – Ride Quality, 2003. Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behavior UIC Code 518.

8. Kalinčák D., Gerlici J., Kukuča P., Lábaj J., Lack T., Polách O., Sága, M.: Means of transport – Calculation methods (In Slovak). University of Žilina: EDIS, 2005. ISBN 8080704767.

INCREASING THE ACCURACY OF DETERMINING AN AIRCRAFT'S LOCATION USING GRAVITATIONAL FIELD PARAMETERS

Kalashnyk G. A., Kalashnyk-Rybalko M. A.
Flight Academy of the National Aviation University
(Ukraine)

Introduction. Improvement of the method of increasing the accuracy of determining an aircraft's location using parameters of the gravity field is necessary to fulfill the requirements of the reliability of navigation-time determinations in the conditions of intentional interference and unavailability of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) signals. This is especially important in the context of the implementation of the ICAO CNS / ATM (Communication, Navigation, Surveillance /Air Traffic Management) concept [1], which formulated the main directions for the development of civil aviation on a global scale for the coming decades.

Relevance of research. Global Navigation Satellite Systems provide high potential accuracy of navigation determinations, global coverage and continuity of navigation. However, there are some situations in which the level of GNSS signals is below the threshold level, for example, in conditions of intentional interference, including unauthorized power changes (up to complete shutdown) of spacecraft signals. The existing methods and means of navigation based on global satellite navigation systems do not guarantee the fulfillment of the requirements of the reliability of navigation-time determinations in conditions of intentional interference and unavailability of GNSS signals [2]. Solving the specified task is possible by integrating GPS User Equipment with autonomous means of navigation based on other principles, particularly with platformless inertial navigation systems (INS), which are widely used today. The globality, accuracy, and absolute immunity of the corrective information can be ensured by measuring the components of the anomalous Earth's gravitational field, which is generally stable in time, and its small variations are predicted quite accurately [3, 4]. Therefore, improving the accuracy of determining an aircraft's location using parameters of the Earth's gravitational field is an important and urgent scientific and technical task.

Setting task. In the world, various software-mathematical models of navigation systems are being created based on the components of the gravitational field: based on anomalies of the first derivative of the gravitational potential or acceleration of free fall (or gravity anomalies), and also based on the second derivative of the gravitational potential or gravitational gradients. Navigation models based on gravity anomalies are mainly developed for low-dynamic marine objects characterized by a relatively low level of vibrations. The gravimeter of these systems is supplemented with a depth variation meter (for example, a differential manometer). Long-term movements of the underwater vehicle have amplitude of several meters, and a change in the depth of immersion by 3 m is equal to a change in gravity by 1 mGal. This is the maximum allowable value in the process of navigation determination at the gravity polygon [2]. Positioning accuracy depends on the area of the object's movement and the selected modeling conditions.

Navigation systems based on the second derivative of the gravitational potential (gravitational gradients) are mainly developed for highly maneuverable aircraft. In the work [5], the possibility of using gradient meters for supersonic aircraft was investigated. As is known, the gravity gradient meter is fundamentally insensitive to active accelerations. It has already been mentioned that several different foreign models of gradient meters have been created today. Based on existing and prospective meters of the second derivatives of the gravitational potential, various models of navigation along the Earth's gravitational field were created. The main problems to be solved to ensure the high accuracy of aircraft navigation using the parameters of the gravity field are the refinement of the global Earth's gravitational field model, the improvement of the accuracy of the route navigation maps of the Earth's gravitational field, the improvement of the accuracy of gravimeters and gradiometers, and the improvement of the algorithm of the gravity field navigation system.

Research results. The basis of a comprehensive obstacle-resistant navigation system should be the GNSS (GPS) User Equipment and the dead reckoning method. The main variants of the dead reckoning method system are either the inertial navigation system (INS), based on the use of accelerometers and gyroscopes, or the dead reckoning system based on the odometer. To ensure resistance to obstacles, in addition to this equipment, it is necessary to use a correlation system of navigation along the Earth's gravitational field [5-7]. For slowly moving objects, it is possible to use gravimeters, for highly maneuverable ones, it is advisable to use gradient meters, which are not subject to the influence of active accelerations.

The algorithm of the gravity field navigation system can be globally divided into two stages [5]: the first stage is a rough search for the location on the map, and the second stage, which is performed after the first, consists of specifying the trajectory and tracking the movement trajectory.

In the first stage, the task of navigation along the Earth's gravitational field is reduced to the following: using a set of measurements described by the formulas:

$$X^{HC} = \left[x_1^{HC} + x_2^{HC} + x_3^{HC}\right]$$

where $X^{HC} = \left[x_1^{HC} + x_2^{HC} + x_3^{HC}\right]$ is the position of the object of navigation according to the data of the navigation system 1, 2, 3;

$X^0 = \left[x_1^0 + x_2^0 + x_3^0\right]$ is the true position of the navigation object**;**

$X^{\delta HC} = \left[x_1^{\delta HC} + x_2^{\delta HC} + x_3^{\delta HC}\right]$ is error in determining the position of the navigation object based on the data of the navigation system.

$$Y^{вимір} = f_k\left(X^0\right) + Y^{\delta справ}$$

where $Y^{вимір}$ is the measured value of the Earth's gravitational field parameter at the output of the meter;

$f_k\left(X^0\right)$ is the value of the Earth's gravitational field parameter at the point of the true position of the navigation object;

$Y^{\delta справ}$ is measurement error determined by the internal device of the sensor and the features of measuring the position of the navigation object according to the data of the navigation system.

In the process of movement, according to the pre-formed map of the parameters of the Earth's gravitational field along the route of movement, the consumer forms the expected values of the parameter of the Earth's gravitational field at the point of the field, which is required:

$$Y^k = f_k\left(X^{HC}\right) + Y^{\delta k}$$

$f_k\left(X^{HC}\right)$ is the map of the Earth's gravity field parameters;

$Y^{\delta k}$ is mapping error.

Now it is necessary to minimize the positioning error according to the data of the navigation system with the help of an external source of information, which serves as the gravitational field.

In other words, the solution to the navigation problem is reduced to the minimization of the functionals characterizing the proximity of the measured and calculated values of the Earth's gravitational field parameter from the map [5]:

1) integral quadratic difference:

$$F_1 = \left(\sum_{i=1}^{n} \left(Y^{вимір} - f_x(X(t))^2 \right) \right) \quad (1)$$

2) integral absolute difference:

$$F_2 = \left(\sum_{i=1}^{n} \left| Y^{вимір} - f_x(X(t))^2 \right| \right) \quad (2)$$

3) mutual correlation moment:

$$F_3 = \left(\sum_{i=1}^{n} \left| Y^{вимір} \cdot f_x(X(t)) \right| \right) \quad (3)$$

where $X(t) = X/_{t=0} + V \cdot t$ is approximate determination of the trajectory of the object of navigation; F_1 is integral quadratic difference; F_2 is integral absolute difference; F_3 is mutual correlation moment.

In this case, these criteria are multi-extreme and the solution comes down to the difficult task of finding the global extremum. When certain conditions are met, in particular, an increase in the correction interval and the accuracy of the meters and the map, the global extremum, firstly, is located "in the vicinity" of the true place, and secondly, its value significantly exceeds the level of local "false" extreme. In this situation, the search for the extremum is facilitated and it is possible to ensure the necessary accuracy of determining the coordinates. In this formulation, the navigation task is divided into two stages:

1. The preparation stage, in which the decomposition of the free-fall acceleration map is formed using the orthogonal basis of functions F and a regression model is formed based on this decomposition;

2. The navigation stage, which calculates the coefficients of the expansion of onboard measurements of free fall acceleration using the same orthogonal basis and determines the location of the consumer according to the regression model, developed at the preparation stage.

Thus, location search algorithms based on expressions (1–3) have a significant drawback, which consists of low efficiency due to the need to collect a large number of measurements along a long interval of movement and low accuracy with small sets of measurements. In addition, in the presence of a large a priori uncertainty of the location, the computational costs associated with the search for the implementation of the field on the navigation map increase significantly.

The second stage of the search - specifying the location is implemented based on Kalman filtering algorithms. These algorithms have become widespread in tasks of navigation of moving objects [6].

The advantages of searchless algorithms are that they allow you to get both an optimal estimate of the location, but also to assess the accuracy of this estimate. The disadvantages of non-search algorithms are the following problems: 1) the task of Kalman filtering has a solution only in the case of a linear nature of the task; 2) there is a discrepancy between the results between the true trajectory and the trajectory obtained as a result of filtering highly variable fields; 3) impossibility of navigation, lack of initial location data.

To eliminate the first drawback in the problem using filtering algorithms, various approximations are used to remove the non-linear nature of the problem. In the works [5, 6], the following two options for the approximation of the posterior probability density were proposed: 1) Representation of the posterior probability density through the sum of Gaussian probability densities; 2) Presentation of the posterior probability density through the sum of the delta functions.

To solve the second drawback, modifications of the Kalman filter were proposed. The linear representation was formed by approximating the non-linear surface with the help of weighting parameters [7]. These parameters were determined by the least squares method.

In the process of developing the theory of Kalman filtering, modified Kalman-type filters were proposed for the task of navigation along the Earth's gravitational field [5]:

- Kalman filter based on Stirling's interpolation formula;
- Kalman filter based on unscented transformation;
- Kalman filter based on the Gauss-Hermite approximation;
- Kalman filter based on cubature formulas.

Despite the use of various approximation options and various modifications of the Kalman filter, the first problem of search-free algorithms has not been fully solved. These algorithms do not always provide efficient operation.

Let's formulate the task of navigating the Earth's gravimetric field as follows. Let the map of the parameters of the Earth's gravitational field and measurements along the movement route serve as the initial data.

The array of map values of the navigation parameter is usually presented in the form of a regular grid (table) with a uniform step of values in latitude and longitude:

$$Y_{\varphi,\lambda}^{карти} = \begin{Bmatrix} y_{\varphi_1\lambda_1}^{карт} & y_{\varphi_1\lambda_2}^{карт} & \cdots & y_{\varphi_1\lambda_n}^{карт} \\ y_{\varphi_2\lambda_1}^{карт} & y_{\varphi_2\lambda_2}^{карт} & \cdots & y_{\varphi_2\lambda_n}^{карт} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{\varphi_n\lambda_1}^{карт} & y_{\varphi_n\lambda_2}^{карт} & \cdots & y_{\varphi_n\lambda_n}^{карт} \end{Bmatrix} \quad (4)$$

where $y_{\varphi_i\lambda_j}^{карт}$ is the value of the Earth's gravimetric field parameter at a point with latitude φ_i and longitude λ_j, $i = 1,...,m;\ j = 1,...,n$.

For the convenience of further description, we will use the acceleration of free fall as a navigation parameter. Let there be a map, the values of the gravitational field at the nodes of the map are given with errors, which is centred white noise with mean square deviation.

Consider the case of navigation of a ground object along a route L. In this case, the parameter map (4) can be imagined as a change in the navigation parameter (free fall acceleration) along the navigation route:

$$\Delta G^{карт} = \left\{ g_1^{карт}, g_2^{карт}, \ldots, g_i^{карт}, \ldots g_{grid}^{карт} \right\}$$

where $g_i^{карт}$ is the value of increasing the acceleration of free fall along the route in a node of a uniform grid with a step $\Delta L_{grid}^{карт}$. $i = 1,..., N_{grid}$.

$N_{grid} = L / \Delta L_{grid} + 1$ is the number of map nodes.

A moving object moves along a route with a constant speed V from the starting point $X(t_0)$, the coordinates of which are unknown:

$$X(t_i) = X(t_0) + V(t_i - t_0),$$

where $X(t_i)$ is coordinates of a moving object at a moment in time t_i.

At moments t_i, the parameters of the field (increase in free fall acceleration) $g_i^{вимір}$ are measured, from which a set of values of the measured parameter $G_i^{вимір}$ is formed along the route of movement, which can be represented in the following formula:

$$G_I^{вимір} = \left\{ g_1^{вимір}, g_2^{вимір}, \ldots, g_i^{вимір} \right\}$$

where I is the number of measurements in the correction interval ΔL.

$g_i^{вимір} = \left[g(X_i) + n^{вимір}(t_i) + \partial g \right] - g_0^{вимір}$ is current measurements of the Earth's gravimetric field parameter;

$g(X_i)$ is the real value of the acceleration of free fall at the point with the coordinate $X(t_i)$;

$n^{вимір}(t_i)$ is white Gaussian noise with zero mathematical expectation and variance $\sigma^2_{вимір}$;

∂g is systematic component of measurements with variance $\sigma^2_{вимір}$;

$g_0^{вимір} = \left[g(X_0) + n^{вимір}(t_0) + \partial g\right]$ is measurement at the initial time point.

Maps of the Earth's gravity field, which can be used for navigation, can be created using several information layers: 1) map-layer of free-fall acceleration anomalies; 2) layer map of vertical gravity gradients; 3) layer map of horizontal gravity gradients; 4) layer map of vertical line avoidance; 5) interlayer map of the gravitational potential difference. Sources of initial data for creating digital maps of various transformants of the Earth's gravitational field can be both data obtained from direct measurements and data obtained when using existing digital models of the Earth's gravitational field.

Conclusions. Analysis of the current development of algorithms for navigation through the Earth's gravitational field showed that at the moment it is necessary to develop and improve search algorithms to reduce computing costs in the user's on-board equipment. Ways of improving the method of increasing the accuracy of aircraft location determinations using gravity field parameters are presented, which differ from the existing one in that in the absence of GNSS signals, the search for a solution to the correlation extreme navigation system is carried out based on current data from the inertial navigation system, and to increase the accuracy of navigation determinations it is possible to joint use of gravimeter and a gravity gradiometer. In the future, to study the accuracy characteristics, as well as to substantiate the requirements for the components of the integrated interference-resistant equipment when flight along routes with different anomalies of the Earth's gravity field, it is necessary to develop a simulation model of such a system, as well as necessary research aimed at improving the accuracy of navigational gravity maps for a correlational extreme system navigation through the Earth's gravitational field based on measurements of the gravitational potential difference along the navigation route.

REFERENCES

1. ICAO, *Doc. 9719.* Report on the world wide CNS / ATM Systems Implementation Conference, Rio de Janerio 11-15 May 1998: ICAO Publications, 58 p.

2. Grewal M. S., Andrews A. P., Bartone C., Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration; Third edition., John Wiley & Sons: Hoboken, 2013.

3. Калашник А. А., Неделько В. Н. Применение синергетического подхода – основной путь к созданию новых интеллектуальных автономных навигационных систем на биотехнологической основе. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2014. 3(31). С.8–17.

4. Hirt C., Claessens S. J., Fecher T., Kuhn M., Pail R., and Rexer M. New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field. *Geophys. Res. Lett*. 2013. V. 40. P. 4279– 4283. doi: 10.1002/grl.50838.

5. Anthony DeGregoria. Gravity Gradiometry And Map Matching: An Aid To Aircraft Inertial Navigation Systems. *Department of Aeronautics and Astronautics Graduate School of Engineering and Management Air Force Institute of Technology*. 2010. 130 p.

6. Jisun Lee, Jay Hyoun Kwon, Myeongjong Yu Performance Evaluation and Requirements Assessment for Gravity Gradient Referenced Navigation. Sensors. 2015 Jul. V. 15(7). P. 16833–16847. doi: 10.3390/s150716833.

7. Fenglin Wang, Xiulan Wen, and Danghong Sheng. Observability Analysis and Simulation of Passive Gravity Navigation System. *JCP*. 2013. Vol.8(1): P. 248–255. doi: 10.4304/jcp.8.1.248–255.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF REMOTE MONITORING SYSTEMS OF FOREST FIRES FOCI

Kalashnyk G. A., Vorobyov V. S.
Flight Academy of the National Aviation University
(Ukraine)

Introduction. The existing fire fighting system in Ukraine provides a level of fire protection of forests and steppes that meets modern needs only in limited areas [1]. As a result, the efficiency of detecting emerging fires and taking measures to eliminate them, especially in unprotected areas, is constantly decreasing. Effective monitoring of fire danger in forests makes it possible to detect fire outbreaks at an early stage. Timely, i.e., in the shortest time of occurrence, detection of a forest fire allows to start extinguishing it at the beginning of its development, which simplifies the task and significantly reduces costs and losses [2].

Relevance of research. Currently, high-tech remote-optical methods and hardware are being developed and used all over the world for forest fire protection monitoring, which allow to quickly register and evaluate the dynamics, as well as the consequences of fires in automatic mode with a high degree of efficiency and detail, and therefore apply effective actions at the early stage of the occurrence and development of fires, to minimize the losses and emergency situations associated with them, as well as to sharply reduce the amount of ground field work to assess the post-fire condition of forests [2].

Setting task. The search for new technologies for multi-level monitoring of emergency zones and their elimination becomes extremely important for the conditions of Ukraine, which includes at the search level complex data of various types of remote monitoring, in particular at the detailed level - aerial surveys using modern geophysical methods. To do this, it is necessary to conduct an objective analysis of the effectiveness of various systems of remote monitoring of forest fire foci for the conditions of Ukraine.

Research results. Forest fires are detected in the following ways [3]: 1) with the help of air patrols (visual and instrumental); 2) by patrolling forests and observing forest areas from fire observation towers, points (visual and instrumental).

Aviation monitoring of forest fires is carried out in transport-inaccessible territories. An obstacle to patrolling is the smoky nature of the territory, and a number of questions arise in the case of patrolling in mountainous areas. When observing from aircraft, a small area is monitored; the speeds of the planes and helicopters currently used on patrol are comparatively low. When visually determining the area of the fire and its boundaries, large inaccuracies can be made, and hidden (giving visible smoke) sources of combustion are not detected. Detection of fire sources using the payload (devices) of the aircraft can be divided into the following directions:

1) periodic inspection of the state of the fire by the aircraft operator, assessment of its development;

2) joint review of the information received from the aircraft by the head and members of the firefighting or emergency liquidation staff, in order to make a management decision;

3) monitoring of dangerous fire situations to ensure extinguishing safety;

4) directing ground extinguishing teams to the fire or its critical areas;

5) monitoring of the forest fire situation in the operational zone to ensure the work of operational headquarters;

6) coordinating the action of firefighting teams and ensuring their interaction from the air;

7) planned monitoring of the condition of control areas.

The main disadvantage of the air patrol method is the very high cost of the flight hour. In addition, specially trained personnel (navigators) are needed to directly determine the flight route, visually detect ignition points and determine the coordinates of the fire. It is also impossible to conduct continuous aerial monitoring of a large area, and this may cause late fire

detection. The main advantages of air patrol are high efficiency and the ability to choose the trajectory and height of observation.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) can be successfully used to detect forest fires in small areas. During the flight on the route of the air patrol of the local territory, the operator, watching the video image transmitted from the UAV in real time, observes the appearance of smoke and at the same time controls the flight parameters (special attention is paid to the distance of the UAV from the starting point, the speed and direction of the wind, voltage batteries). The video camera of the UAV is installed in such a way as to provide an overview of the area being flown by, with partial visibility of the horizon. Having noticed smoke, the operator switches the flight of the UAV to manual or semi-automatic mode, makes changes to the flight route and directs it to the point of smoke.

Although the use of these UAV devices significantly saves financial funds due to the absence of the need to use the entire fleet of forestry vehicles and costs for patrolling, the use of aircraft-type UAVs revealed some shortcomings that require their elimination for high-quality work [4]:

1) mechanical vibration that affects the quality of images;

2) the flight stability of the device depends on the wind speed;

3) significant limitations of the radius for the radio channel do not allow the use of devices to control a large area, despite the long range and duration of the flight;

4) insufficient viewing radius (up to 15 km);

5) limited flight duration is 20-30 minutes.

Ground monitoring is carried out on cars, as well as forest patrol complexes. For ground monitoring, fire control points and pavilions located on dominant heights are used. In flat terrain, observation towers and stationary television cameras installed, as a rule, on cell towers are effective. The main functionality of the system from cell towers are [4]:

1) the possibility of accessing the system from any control center, provided there is a connection to the Internet at the required speed with a sufficient amount of traffic;

2) remote control of video cameras, changing their orientation in azimuth and height, changing the zoom, resolution and quality of the video image;

3) the possibility of determining the most fire-hazardous areas based on forest fire hazard indicators (according to weather conditions);

4) rapid exchange of operational messages about the situation with other operators and groups of operators within the framework of the tasks of fire detection and liquidation.

To conduct a comparative analysis of the effectiveness of various methods of remote monitoring of forest fires, the following main criteria were chosen: 1) the area of the observed territory; 2) spatial resolution (pixel size) of the image; 3) data processing time; 4) positioning accuracy. These are the main criteria, since the speed of response and the efficiency of taking measures to eliminate ignition sources depend on them (Table 1).

Table 1 – Comparative characteristics of different types of remote monitoring of forest fires

Criterion number	***Criterion***	***Types of remote monitoring***		
		Aviation patrol	***UAV detailing***	***Terrestrial (video surveillance from cell towers)***
K1	Observation area per day, km^2	250000	3000	1500
K2	Spatial resolution of received data, cm/pixel	80	60	40
K3	Time required for complete data update, min	30	30	20
K4	Location accuracy, m	2,5	2,5	250

Further, the method of direct assessment was used to determine the weight of the criteria. As a result, a matrix of expert evaluations of the criteria was obtained, shown in Table 2.

Table 2 – Matrix of expert evaluations of criteria for different types of monitoring

	K1	K2	K3	K4
Evaluation of the criterion	10	6	8	9

The determined weighted assessments of various types of remote monitoring are shown in Table 3.

Table 3 – Weighted assessments of various types of remote monitoring of forest fires

Type of remote monitoring	Evaluation criteria			
	P1	P2	P3	P4
Aviation patrol	0,1	0,09	0,16	0,26
UAV detailing	0,001	0,11	0,16	0,26
Terrestrial (video surveillance from a cell tower)	0,000	0,17	0,24	0,003

The calculated comprehensive assessments of types of remote monitoring are presented in Table 4.

Table 4 – Comprehensive assessments of types of remote monitoring of forest fires

Type of remote monitoring	Comprehensive assessment, E
Aviation patrol	0,610
UAV detailing	0,531
Terrestrial (video surveillance from a cell tower)	0,440

As a result of a comparative analysis of the methods of remote monitoring of forest fires, the most optimal for the conditions of Ukraine from the considered criteria is the aerial patrol, since this method has the most comprehensive assessment, with the detailing of the foci of forest fires by monitoring with UAVs, which is in the second position according to the set of criteria.

Conclusions. Most often, the situation in the areas of forest fire centers changes dynamically, which is accompanied by a significant removal of the fire foci relative to the initial position. This circumstance determines the relevance of multi-level remote monitoring of an area with dynamically shifting forest fire foci to guide air patrols in the area of a crisis situation, and the use of UAVs is optimal for detailing the state of the forest fire center.

REFERENCES

1. Про затвердження Порядку організації та застосування авіаційних сил та засобів для гасіння лісових пожеж. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0595-17#Text.

2. Правила пожежної безпеки в лісах України [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2019/02/1559-18..02.19.pdf.

3. Калашник Г.А., Білан І.С., Аналіз існуючих і перспективних систем моніторингу зон надзвичайних ситуацій з використанням сучасних геофізичних методів авіаційних зйомок для умов України. *Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем*: матеріали X Міжн. наук.-практ. конф., 23 лист. 2021 р., Кропивницький: ЛА НАУ, 2021. С.21–22.

4. Mashkov O, Bychkov A., Kalashnyk G., Shevchenko V., Vyshemyrska S. Application of the Theory of Functional Stability in the Problems of Covering Territories by Sensory Networks. Proceedings of 2022 Intern. Sc. Conf. "*Intellectual Systems of Decision-Making and Problems of Computational Intelligence*". Springer, 2022. P. 266–285.

INTERPRETATION OF CURRENT SITUATIONS BY THE HIERARCHICAL NEURO-FUSSY SYSTEM OF WAGONS SPEED CONTROL

Lazarieva N. M.
Kharkiv National University of Radio Electronics
(Ukraine)

Introduction. Predicting the behaviour of the control object is extremely important for taking fast control actions in real-time systems. Identification of objects and taking into account the influence of the surrounding environment requires constant situational awareness in the on-line mode using information about the current location, parameters of the object's movement, which comes from sensors and linguistic information. Interpretation of data, determination of current situations and assignment to a certain class of typical situations allows to predict the state and manage the object to achieve the required value of the parameters of the movement of objects in a specified place in space.

Relevance of research. The control task involves defining a complete set of variables to describe the state, processing the state vector, and determining the control influence to adjust the object's behaviour at certain points along the path. An essential feature of open real-time systems is the complexity of quantitative assessment of the parameters of objects and the environment, paths due to a wide range of their changes, seasonal fluctuations of values, variability of the state of the control object itself. Parameters that depend on many factors complicate the model, increase its dimensionality, and refinement of the model is impossible due to the immeasurable nature of some influencing factors or inadequate data accuracy. At the same time, unaccounted factors can significantly affect the prediction of object dynamics, and inaccurate data can worsen the quality of control. Determining the functional states of the control object in complex operating conditions is an urgent task.

Formulation of the problem. The technology of processing input data when solving the task of effective control in conditions of incomplete certainty is solved by the use of adaptive fuzzy neural networks that do not require accurate prior knowledge about the object and are able to provide results at the level of a human operator. Application of information technologies based on a set of modern means and methods of data collection, accumulation and processing for control and ensuring high quality.

Research results. A hybrid neuro-fuzzy control model with the definition of typical states of objects accommodates knowledge about the subject area obtained from experts and as a result of learning. The general structure of the relevant subject area can be described as a set of heterogeneous multifactor objects:

A – for the formalization of environmental impact factors and parameters of objects modeled in this subject area;

Y – for the formalization of typical situations with the need to apply controlling influences.

Multifactor objects are described by a vector of features in n-dimensional Cartesian space $A = A_1 \times A_2 \times ... \times A_n$.

The hierarchical structure of the model is an effective way to overcome the "curse of dimensionality", which is expressed in the exponential increase in the number of database rules. Fuzzy models of smaller dimensions speed up the operation of the control system by granulating the information coming from the sensors in accordance with the procedure [1], associating some degree of correlation of the predicted result with each information event at the input of the neuro-fuzzy control system.

The state of a dynamic object at each instant of time is an imaginary point in the n-dimensional space of possible combinations of factors, the number of which is unlimited. The

size of the system state space is determined by the number of possible configurations, and with a large number of factors it becomes infinite. For a more accurate determination of the state of the object and the environment, the properties of mutual complementation of data and integration between parameters are taken into account.

The state of the object is the result of multifactor interaction at the moment of time t, given by the n-dimensional vector $\vec{q}_t = (a_1, a_2, ..., a_n)$ in the infinite space of possible states, which enters the input of the control system. The current state of the object is estimated using fuzzy rules of the knowledge base, which form a fuzzy decision domain [2]. Non-interacting factors a_1, a_2, …, a_n, the limits of which are the intervals defined by the terms of the selected membership functions $\mu_{A_i}(a_i)$, for a 3-dimensional composite input variable are graphically presented in Fig. 1.

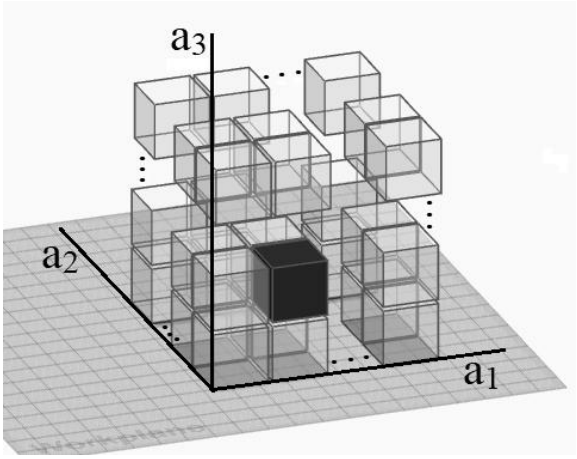


Fig. 1 – Granulation of input multifactor data

Intelligent methods based on neural networks allow combining and processing information from many sources, which allows the discovery of interpreted fuzzy sets for the possibility of achieving high quality control. A granule of information formed according to a certain property can be modeled using various fusion operators. When applying the product operator

$$A(a_2, a_2, ..., a_n) = A_{1i}(a_1) \times A_{2i}(a_2) \times ... \times A_{ni}(a_n)$$

and generalized Gaussian functions for 3-dimensional space is shown in Figure 2.

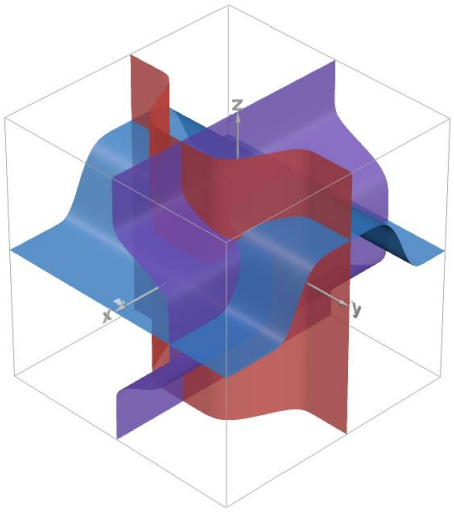


Fig. 2 – Granule of information on a certain property

The obtained configuration of the area of possible values of the integral parameter best characterizes the current state. Levels of limit values of physical parameters and boundaries of certain classes in the form of membership functions are adapted during training.

The classification of the control objects given by feature vectors in the multidimensional space and the separation of situations to determine the strength of the control influence is carried out by the fuzzy TSK algorithm. The basic steps of fuzzy inference are implemented in successive layers of a neural network with an architecture that allows the determination of weights due to the ability to train.

The construction of the control model is reduced to the search for mapping the vector of input data into the control signal. The general scheme of functional transformations in hierarchical fuzzy reasoning in vector form

$$[a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_N] \xrightarrow{n_{ai}} \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{21} & \dots & \alpha_{N1} \\ \alpha_{12} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{N2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{1k} & \alpha_{2k} & \dots & \alpha_{Nk} \end{bmatrix} \xrightarrow{\min} \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \dots \\ \psi_k \end{bmatrix} \xrightarrow{A \to B} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_k \end{bmatrix} \xrightarrow{\max} \tilde{b} \xrightarrow{def} b_j .$$

$$[b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_M] \xrightarrow{n_{ai}} \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{21} & \dots & \beta_{M1} \\ \beta_{12} & \beta_{22} & \dots & \beta_{M2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{1k} & \beta_{2k} & \dots & \beta_{Mk} \end{bmatrix} \xrightarrow{\min} \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \dots \\ \psi_k \end{bmatrix} \xrightarrow{f(b)} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_k \end{bmatrix} \xrightarrow{\frac{\sum}{k}} y .$$

The output signal produced on the basis of separation of situations by a neuro-fuzzy model reflects the need of control for the current situation, derived on the basis of information granules of input events using a base of fuzzy rules, the parameters of which are adapted taking into account the evolution of the process. At each moment of time, the results of fuzzy derivation are used in the procedure of predictive assessment of functional states of control objects.

Conclusion. The considered technology for determining the current state of control objects, taking into account many factors based on data fusion, allows to reduce uncertainty and improves the resolution of the model when determining situations. At the same time, the dimension of the input data vector of the fuzzy neural network decreases.

Fuzzy logic describes the logic inference mechanism, and a neural network provides model training and adaptation. The hierarchical structure of the model represents one of the possible solutions when managing complex multifactor objects with incomplete certainty to achieve reasonable control accuracy. This approach provides the implementation of dynamic object control from state determination to control signal generation without the involvement of an expert.

REFERENCES

1. Лазарєва Н. М. Інтерпретація поточних ситуацій на основі грануляції вхідної інформації нейро-нечіткої системи керування. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології у промисловості, телекомунікаціях, енергетиці та транспорті» (АКІТ–2017) (16–17 листопада 2017 р.) м. Кропивницький – С. 70–71.

2. Lazarieva N. M., Lazarieva O. O. Technology of input data processing when solving the problem of effective control under uncertainty. 4 міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 27–28 листопада 2023 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. С. 104–106.

FORMATION OF THE DATA FLOW DIAGRAM OF THE INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING OF A SHIP POWER PLANT

***Mateichyk Vasyl*[a], *Gritsuk Igor*[b], *Ghita Bogdan*[c],**
***Polishchuk Oleksandr*[b], *Litvinov Mikhaylo*[d], *Hritsuk Valerii*[e]**
[a]*Rzeszów University of Technology, Poland*
[b]*Kherson State Maritime Academy, Ukraine*
[c]*School of Engineering, Computing and Mathematics (Faculty of Science and Engineering), University of Plymouth, United Kingdom*
[d]*ADNOC HQ, Abu Dhabi, UAE*
[e]*Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine*

Introduction. The efficiency of the technical operation of maritime and water transport means is characterized by the degree of technical readiness of ships and their power plants to carry out transportation at the lowest operating costs. The technical condition of the maritime and inland water transport facilities currently in operation requires a revision of the existing system for managing maintenance, current repairs and pre-trip preparation. An analysis of the safety of operation and malfunctions of the main equipment of ship power plants and ships in recent years shows that most transport events occur due to equipment failure along the route. The main reason for the failure of components and assemblies of ship power plants and ships in operation is that when sending a ship on a voyage, insufficient attention is paid to determining their actual technical condition and assessing their level. In this regard, the task arises to improve the technical readiness of ship power plants by improving the methods of managing the maintenance system based on the use of automated information support for the operation process, taking into account the level of their technical condition. To achieve this, the provision of accurate and timely data is an important step, therefore, new comprehensive ways of collecting and summarizing information are being sought to improve control over the organization and logistics of power plants and their associated vehicles and human operators.

The relevance of the research. The constant development of science and technology, the use of modern information technologies, the automation of the processes of operation and management of maritime and inland water transport facilities require a significant improvement in organizational, technological and technical measures that ensure their maintenance in a working condition in the life cycle [1–3]. The relevance of the study is determined by the fact that monitoring and managing complex systems associated with the use of heterogeneous equipment, which is based on various physical bases, processing and predicting the parameters of the technical condition of individual elements in the equipment system, taking into account the physical condition of workers, is a complex technical task and manifests itself in the application automated control systems [4, 5]. Taking into account the context and features and maintenance of technical documentation in the field of operation of ship power facilities, further research is needed to improve the collection and analysis of data, in order to improve quality control for the correct organization of the operation of vehicles, optimization of employee work modes [6–8]. This makes it possible to make timely decisions on issues of remote assessment of the parameters of the state of vehicles, their power plants, assessment of the total technical condition of complex installations, schedule of maintenance or overhaul of components [1, 3, 9, 10]. Subsequently, this requires further analysis of the current state of technology, methods, tools and information support systems for monitoring the technical condition of the elements of ship power plants under operating conditions, as well as an analysis of methods for monitoring operating modes under operating conditions. The process should include the optimization of existing approaches to data collection and processing in the direction of improving the quality of control over the rational organization of the work regime of workers in operating conditions and monitoring the technical condition of elements of ship power plants. It may be relevant to

consider the subject area of research, features of information flows and information exchange in the process of controlling a ship power plant, predicting state parameters, developing an information model of components and components of the installation under operating conditions. It is planned to devote the proposed article to this.

The purpose of the work is to develop an information model for monitoring, controlling and predicting the parameters of the technical condition of a ship power plant based on the principles of a systematic approach, taking into account specific features and using the example of its implementation for a ship diesel-electric plant (DEP).

To achieve this goal, the following tasks must be completed at the first stage:

carrying out the formation of a DFD diagram of data flows of the main processes in the information system for monitoring and controlling a ship power plant with its inherent components;

substantiation and presentation of the scheme of information exchange between the elements of the ship's power plant for monitoring and controlling the ship's power plant.

Formation of the data flow diagram of the information model process. The initial input to the DEP domain was a process data flow diagram (DFD) with its inherent components (Figure 1).

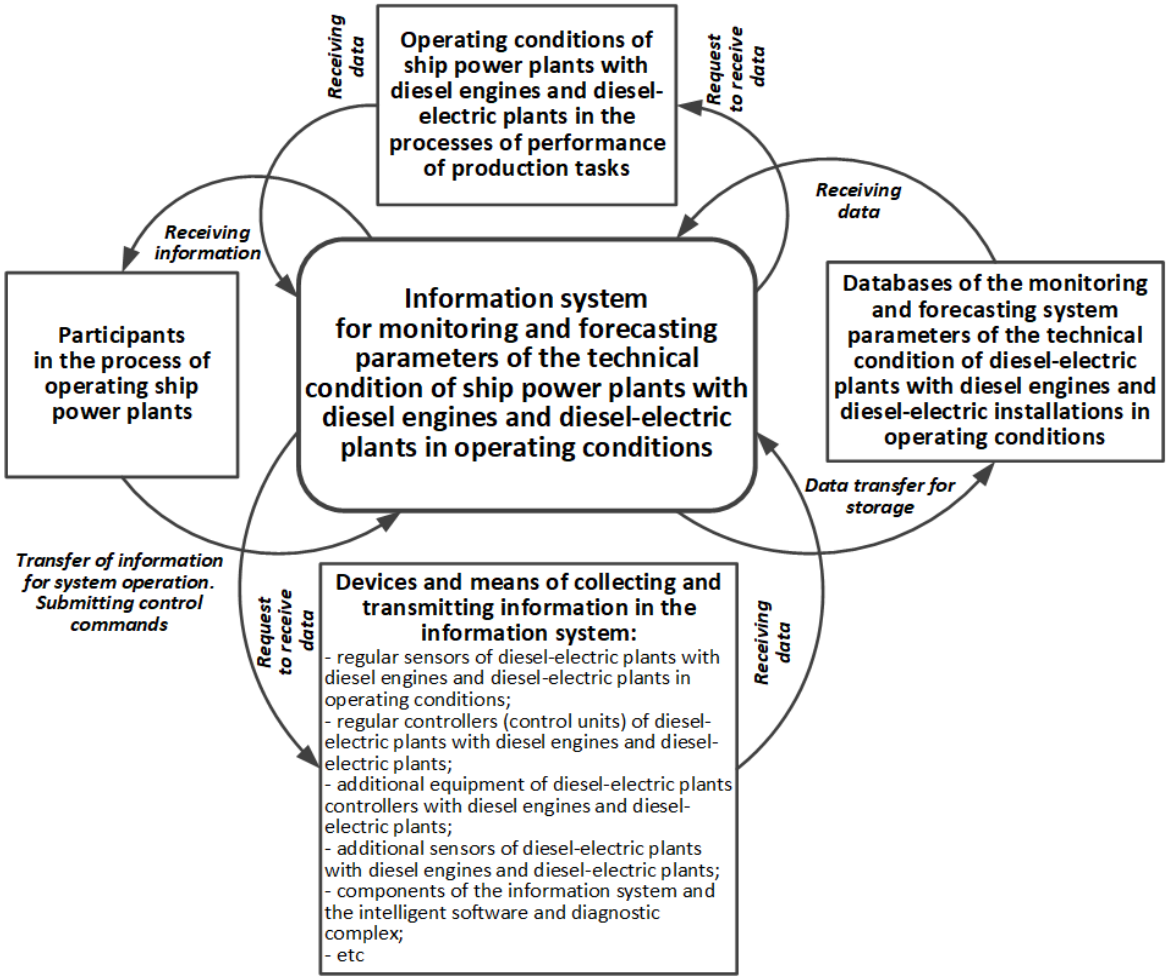


Figure 1 – DFD diagram of data flows of the main processes in the information system for monitoring and controlling a ship power plant with its inherent components

Considering that the source of primary information about the state of the Ship Power Plant (SPP) is the collection and transmission devices, they can be considered as "external objects". External objects include the Database of the monitoring system, Devices and means of collecting information, Operating conditions of the SPP and Participants in the process of operating the SPP.

The results of the study The information support of the system for forecasting DEP technical condition consists of two main parts: general purpose software and special software, which is a program code that collects, stores and processes DEP information. According to the purpose of the forecasting system being developed, DEP is subject to maintenance if the forecast shows which one of its controlled parameters is the first to exceed the set limits. In this case, the analyzed parameters can be considered independent of each other. The forecasting the technical condition is reduced to the independent forecasting of values for each of the parameters, followed by the determination of the parameter with the smallest value of the forecast time when it exceeds the allowed limits. The authors prepared the corresponding algorithms, which were implemented in the system analytical module. An example of the results of building forecast models is shown in (Fig. 2) for a forecast horizon lasting for 50 minutes. As a predictable parameter (for example), a change in the temperature of the engine coolant, °C, in the monitoring system of the ship power plant was chosen.

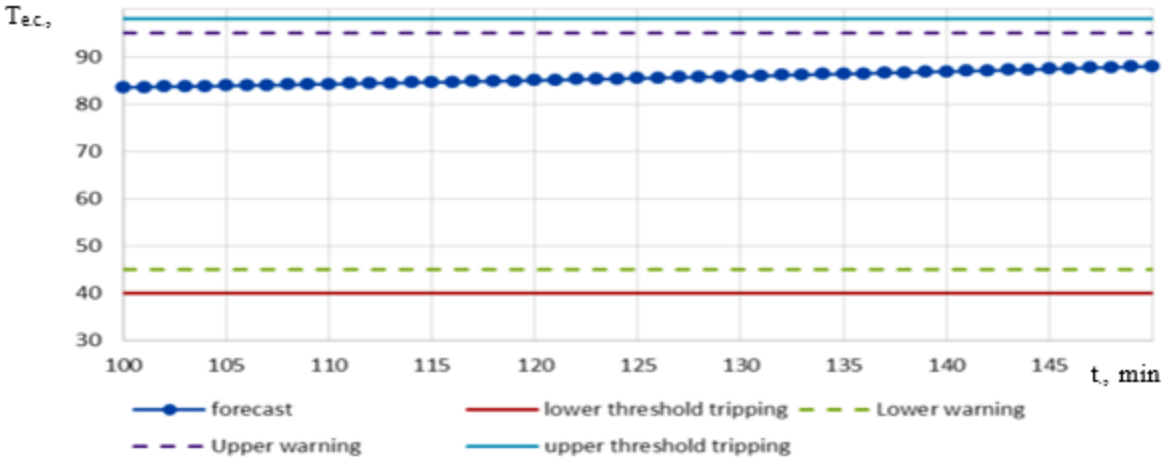


Figure 2 – An example of building the predictive models and a forecast schedule in the monitoring system for the temperature of the engine coolant, °C when building a forecast schedule for a certain time interval

Conclusions. The article presents the results of forming a DFD diagram of data flows of the main processes in the information system for monitoring and controlling a ship power plant with its inherent components. As an example of the development of an information model, a diesel-electric plant based on the D-246.4 engine is considered. The main advantage for the form an information model, the principle of system decomposition into constituent elements and the interaction of information links between constituent elements was used to ensure the prediction of technical condition parameters. When modeling the parameters of a diesel-electric plant, principles were used that focused on the specific tasks of processing, analyzing data and the functional needs and features of the work of the maintenance personnel.

REFERENCES

1. Gritsuk, I. V., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., Nikitchenko, Y., Klets, D., Smieszek, M., Volkov, Y., Symonenko, R., Grytsuk, A., 2018. Information model of V2I system of the vehicle technical condition remote monitoring and control in Operation Conditions. SAE Technical Paper Series. doi:10.4271/2018-01-0024.

2. Govorushchenko, N. Y., System engineering of motor transport (calculation methods of research): monograph, Kharkov: KhNAHU, 2011, 292. [in Russian].

3. Troitskiy-Markov T. Y. and Sennovskiy, D. V., Principles for energy efciency monitoring system, Monitoring Science and safety, 2011, № 4, 34–39. [in Russian].

4. Almobarek, M., Mendibil, K., Alrashdan, A., 2022. Predictive maintenance 4.0 for chilled water system at commercial buildings: A systematic literature review. Buildings 12, 1229. doi:10.3390/buildings12081229.

5. Kuric, I., Gorobchenko, O., Litikova, O., Gritsuk, I., Mateichyk, V., Bulgakov, M., Klackova, I., 2020. Research of vehicle control informative functioning capacity. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 776, 012036. doi:10.1088/1757-899x/776/1/012036.

6. Volodarets, M., Gritsuk, I., Chygyryk, N., Belousov, E., Golovan, A., Volska, O., Hlushchenko PhD, V., Pohorletskyi, D., Volodarets, O., 2019. Optimization of vehicle operating conditions by using simulation modeling software. SAE Technical Paper Series. doi:10.4271/2019-01-0099.

7. Parsadanov, I., Marchenko, A., Tkachuk, M., Kravchenko, S., Polyvianchuk, A., Strokov, A., Gritsuk, I.V., Rykova, I., Savchenko, A., Smirnov, O., Postol, Y., Savchuk, V., 2020. Complex assessment of fuel efficiency and diesel exhaust toxicity. SAE Technical Paper Series. doi:10.4271/2020-01-2182.

8. Golovan, A., Gritsuk, I., Popeliuk, V., Sherstyuk, O., Honcharuk, I., Symonenko, R., Saravas, V., Volodarets, M., Ahieiev, M., Pohorletskyi, D., Khudiakov, I. "Features of mathematical modeling in the problems of determining the power of a turbocharged engine according to the characteristics of the turbocharger," SAE International Journal of Engines (ISSN: 19463936), Volume 13, Issue 1, 2020, No. 03-13-01-0001, https://doi.org/10.4271/03-13-01-0001.

9. "The analysis of effectiveness criteria for model of prediction", PhD Blog of Young Scientist. http://phdblog.org. ua/m/Analiz_kriteriev_effektivnosti_modeli_prognozirovaniya.html Dec 2015. (In Ukrainian).

10. Kadilikova, T. M., "*Teoretical and Methodological Bases for Monitoring Lifing Transport Vehicles*," (Dnipropetrovsk, Porogy, 2004), 177 [in Russian].

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ НАВЧАЛЬНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ УНІВЕРСИТЕТУ

Бодягін В. Ю., Ляшенко О. М.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. В роботі розроблено інформаційну систему (ІС) для підтримки процесів керування навчальною діяльністю університету, яка забезпечує обробку карток студентів, обробку інформації про успішність студентів, формування екзаменаційних відомостей студентів, формування наказів на призначення стипендії та матеріальну допомогу. ІС дозволяє вводити, зберігати та аналізувати інформацію про студентів протягом усього періоду їх навчання.

Архітектура ІС базується на архітектурному патерні Модель-Подання-Контролер (Model-View-Controller) MVC.

Для розроблення ІС було обрано ASP.NET Web Forms, що базуються на технології Microsoft ASP.NET, у якій код, що виконується на сервері, динамічно генерує вихідні дані веб-сторінки в браузер або клієнтський пристрій.

Актуальність досліджень. Нині практично відсутній огляд сучасних теоретико-методологічних підходів до проєктування та розроблення ІС для підтримки процесів керування навчальною діяльністю університету, а також шляхів подальшого розвитку таких систем.

Таким чином, проєктування, моделювання та розроблення ІС є актуальною науково-прикладною задачею, а її побудова потребує виявлення та аналізу сучасних тенденцій розвитку та застосування таких ІС, насамперед, на основі провідних наукових публікацій.

Постановка задачі.

Метою статті є розроблення ІС для підтримки процесів керування навчальною діяльністю університету.

Об'єктом досліджень є навчальна діяльність університету.

Предметом досліджень є моделі, методи та технології проєктування ІС для підтримки процесів керування навчальною діяльністю університету.

Результати досліджень. Архітектура ІС базується на архітектурному патерні.

Архітектурний патерн можна розглядати як узагальнений опис належної практики, перевіреної в різних системах та середовищах. Таким чином, архітектурний патерн повинен описати системну організацію, яка була успішною в попередніх ІС [1–4].

Для побудови архітектури системи було використано архітектурний патерн MVC (рис. 1).

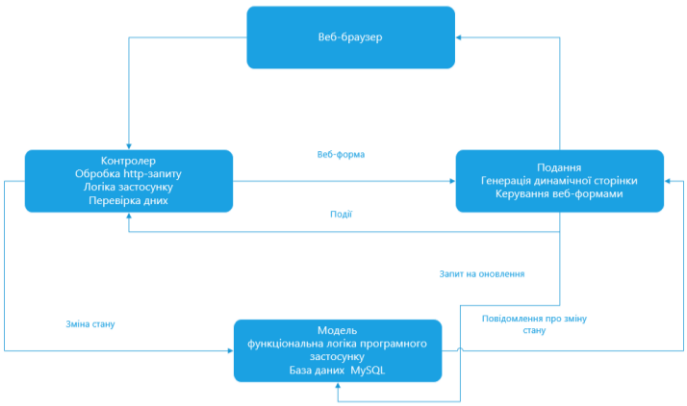


Рисунок 1 – Архітектура ІС на основі патерну MVC

ІС поділяється на три логічних компонента, які взаємодіють один з одним. Компонент Модель керує системними даними та операціями над даними. Компонент Подання відображає дані для користувача. Компонент Контролер взаємодіє з користувачем, ініціює операції в моделі і керує роботою подання. Патерн MVC дозволяє змінювати дані незалежно від їхнього подання. Зміна даних, зроблена в одному поданні, відображається у всіх інших поданнях ІС [1–4].

Для проєктування, моделювання та розроблення бази даних ІС було використано MySQL Workbench. База даних ПС містить 23 таблиці (рис. 2).

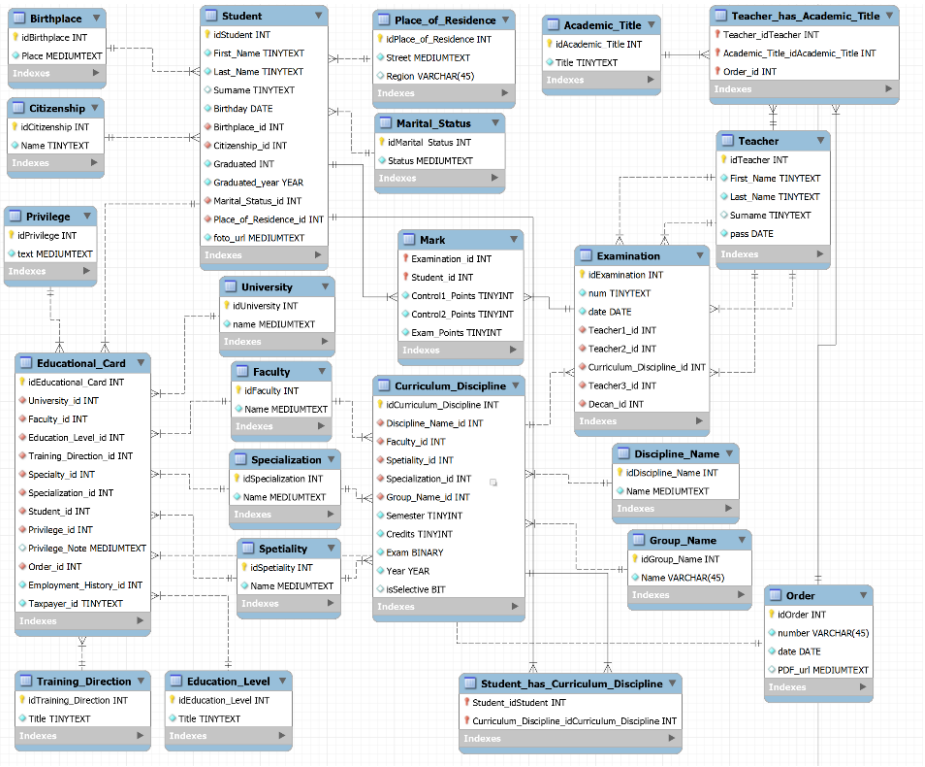


Рисунок 2 – БД інформаційної системи

Для реалізації поставлених завдань було обрано ASP.NET Web Forms.

Web Forms – це веб-сторінки, побудовані на технології ASP.NET. Web Forms виконуються на сервері і відображаються у браузері. Web Forms сумісні з будь-яким браузером з будь-якою мовою, що підтримується платформою .NET. Web Forms гнучкі і дозволяють створювати та додавати спеціальні елементи керування.

В роботі було використано Visual Studio для створення веб-форм ASP.NET. Visual Studio – це IDE (інтегроване середовище розробки), яке дозволяє здійснювати керування серверами та веб-формами. Visual Studio також дозволяє встановлювати властивості, керувати подіями та методами управління. Щоб написати логіку проєкту, можна вибрати будь-яку мову .NET, наприклад: Visual Basic або Visual C#. Для реалізації поставлених завдань було обрано мову програмування Visual C#.

Архітектуру проєкта у Visual Studio подано на рис. 3. В Visual Studio було створено кілька початкових папок і файлів для проєкту [5–7]:

Default.aspx – це перша сторінка, яка відображається під час запуску програми в браузері.

Site.Master – сторінка, яка дозволяє створювати узгоджений макет і використовувати стандартну поведінку для сторінок у програмі.

Global.asax – файл, який містить код для відповіді на події на рівні програми та сеансу, що ASP.NET або модулями HTTP.

Web.config – конфігураційні дані для програми.

У ІС є три основні сторінки: Default.aspx (Home), About.aspx і Contact.aspx. До кожної з цих сторінок можна перейти з верхньої панелі навігації. Також є дві додаткові сторінки, які містяться в папці Account, Register.aspx і Login.aspx. Ці дві сторінки дозволяють використовувати можливості ASP.NET для створення, зберігання та перевірки облікових даних користувача [5–7].

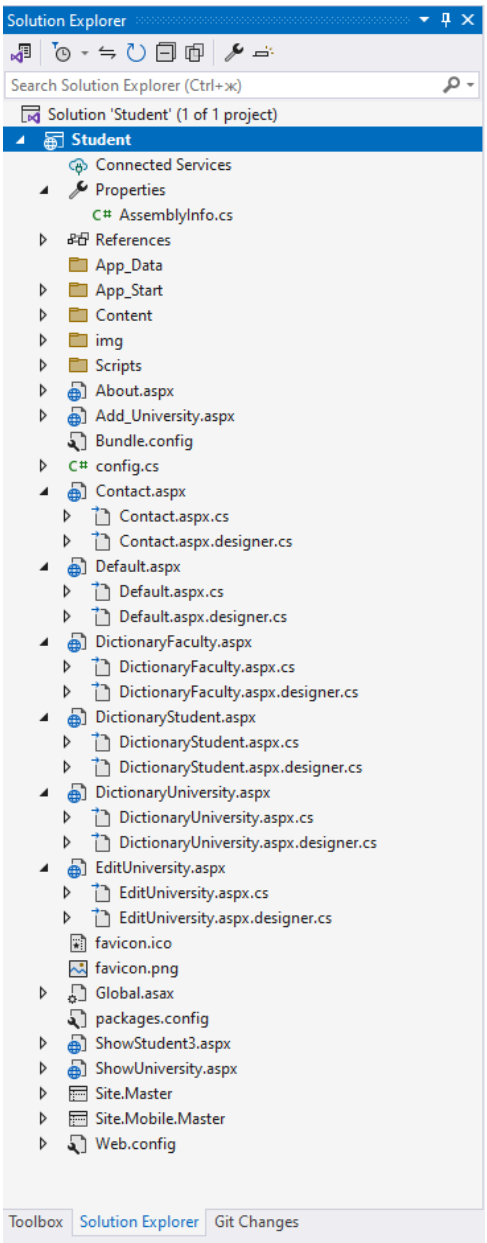


Рисунок 3 – Архітектура ІС у Visual Studio

Під час запуску сторінки веб-форм ASP.NET вона проходить життєвий цикл, під час якого виконується ряд кроків обробки. Ці кроки включають ініціалізацію, створення екземплярів елементів керування, відновлення та підтримку стану, запуск коду обробника подій і візуалізацію.

Коли веб-сервер отримує запит на сторінку, він знаходить сторінку, обробляє її, надсилає в браузер, а потім відкидає всю інформацію про сторінку. Якщо користувач запитує ту саму сторінку знову, сервер повторює всю послідовність, повторно обробляючи сторінку з нуля. Іншими словами, сервер не має пам’яті сторінок, які він обробив – сторінки не мають стану. Платформа сторінок ASP.NET автоматично виконує завдання підтримки стану сторінки та її елементів керування, а також надає чіткі способи підтримувати стан інформації про програму [5, 6].

Проєкт ASP.NET Web Forms включає функцію, яка реєструє користувачів і зберігає їхні облікові дані, щоб вони могли входити на веб-сайт.

ASP.NET Identity зберігає облікові дані користувачів у базі даних, створеній програмою. Коли користувачі входять в систему, програма перевіряє їхні облікові дані, зчитуючи базу даних. Папка облікового запису проєкту містить файли, які реалізують такі функціональні можливості: реєстрація, вхід, зміна пароля та авторизація доступу. Крім того, ASP.NET Web Forms підтримує OAuth і OpenID. Ці покращення автентифікації дозволяють користувачам входити на сайт, використовуючи наявні облікові дані з таких облікових записів, як Facebook, Twitter, Windows Live і Google [5–7].

Головна сторінка Default.aspx визначає узгоджений вигляд і поведінку для всіх сторінок у програмі. Макет головної сторінки поєднується з вмістом окремої сторінки вмісту, щоб створити остаточну сторінку, яку бачить користувач (рис. 4).

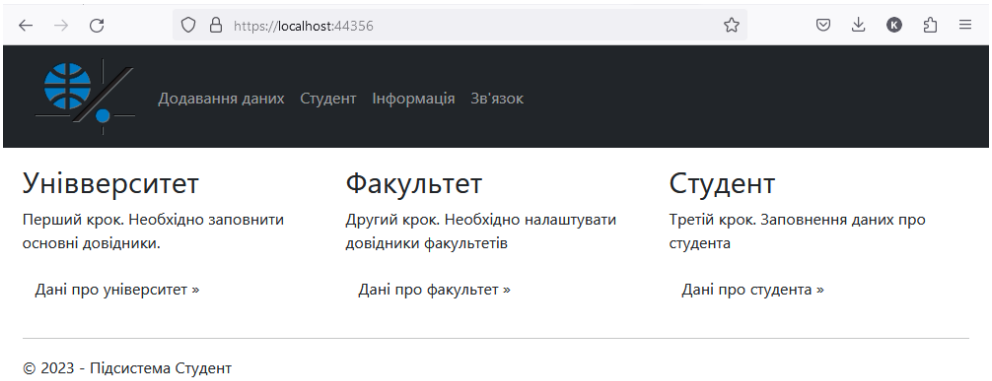


Рисунок 4 – Головна сторінка ІС

Висновки. Наведено опис процесу проєктування бази даних ІС. База даних містить 23 таблиці що знаходяться у третій нормальній формі Бойса-Кодда. Наведено опис таблиць бази даних ІС. Описано процес архітектурного проєктування ІС. Визначено, що архітектурне проєктування дає розуміння правильної організації системи та створює структуру для цієї правильної організації, з'єднує весь етап проєктування з детальними вимогами, оскільки архітектура виділяє основні структурні компоненти системи та формує відносини між ними. Розроблено архітектуру ІС на основі патерну MVC. Розроблено архітектуру ІС в середовищі Visual Studio. Наведено приклад роботи ІС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Martin Fowler. Patterns of Enterprise Application Architecture. Addison-Wesley Professional, 2002. P. 560.

2. John Gilbert. Software Architecture Patterns for Serverless Systems: Architecting for innovation with events, autonomous services, and micro frontends. Packt Publishing, 2021. P. 436.

3. Chanaka Fernando. Solution Architecture Patterns for Enterprise: A Guide to Building Enterprise Software Systems. Apress, 2022. P. 498.

4. Paul Andersen, David Salomon, David Carson. The Architecture of Patterns. W. W. Norton & Company, 2010. P. 144.

5. Mark J. Price. C# 11 and .NET 7 – Modern Cross-Platform Development Fundamentals: Start building websites and services with ASP.NET Core 7, Blazor, and EF Core 7. Packt Publishing, 2022. P. 818.

6. Badrinarayanan Lakshmiraghavan. Pro ASP.NET Web API Security: Securing ASP.NET Web API (Expert's Voice in .NET). Apress, 2013. P.890.

7. Anthony Giretti. Coding Clean, Reliable, and Safe REST APIs with ASP.NET Core 8: Develop Robust Minimal APIs with .NET 8. Apress, 2023. P. 447.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ РУХУ АВТОНОМНОГО БЕЗПІЛОТНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО КЛАСІВ

Грудініна Ганна Сергіївна, Данько Євген Сергійович
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

Вступ. При виконанні широкого спектру підводних місій сьогодні активно залучаються автономні безпілотні підводні апарати (АБПА) різних типів та призначення. Найбільш масовими є АБПА малого та середнього класу, які створюються для підводної інспекції та пошуку об'єктів на морському дні, виконують різноманітні завдання в сферах нафтогазодобувної промисловості, аварійно-рятувальних місій, океанографії, моніторингу навколишнього середовища та оборони. В залежності від призначення АБПА різняться за формою корпусу, типом рушійно-кермового пристрою (РКП), енергоємністю, всі ці параметри визначають принцип роботи системи автоматичного керування рухом апарату. Очевидно, що для підвищення точності керування рухом АБПА необхідно мати уточнені значення параметру керування за різних умов функціонування. Одним з важливих параметрів, що впливає на швидкість руху апарата є упор рушійно-кермового пристрою.

Актуальність дослідження полягає у необхідності підвищення точності керування траєкторним рухом АБПА з метою розширення їх функціональних можливостей.

Постановка задачі. Обґрунтувати вибір типу рушійно-кермового пристрою, обраного у якості об'єкту керування, в САК швидкістю руху АБПА. Визначити ступінь актуальності, застосування у якості рушія для АБПА малого та середнього класів, гребного гвинта в насадці. Визначити особливості конструкції сучасних гребних гвинтів, що пропонують на ринку морської робототехніки.

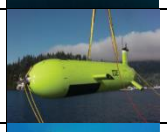
Результати досліджень. З метою визначення актуальності розробки системи стабілізації упору гребного гвинта у складі САК швидкістю руху АБПА в даній роботі проведено дослідження типів та конструктивних особливостей рушійних пристроїв, що застосовують в АБПА малого та середнього класів.

В таблиці 1 представлено АБПА малого та середнього класу від світових виробників підводної техніки [1–15].

Таблиця 1 – Огляд світових виробників АБПА малого та середнього класів

Виробник	***Тип: малі-середні***	
	Вигляд	***Назва***
1. **ANDURIL** https://www.anduril.com/		DIVE-LD РКП: ГГ + 4 крила
2. **ATLAS ELEKTRONIK** https://www.atlas-elektronik.com/solutions/		SEACAT РКП: ГГ + 4 крила
3. **CELLULA ROBOTICS LTD** https://www.cellula.com/imotus-family		SOLUS-LR SOLUS-MR РКП: ГГ в насадці
4. **DEEPINFAR** https://www.deepinfar.com/		ORANGESHARK РКП: ГГ + 4 крила
5. https://www.ecagroup.com/en/solutions/a18-d-auv-autonomous-underwater-vehicle		A18-M A18D РКП: ГГ + 4 крила

Продовження таблиці 1

6.	**HUNTINGTON INGALLS INDUSTRIES** https://building-tech.org/		REMUS 600 РКП: 2 ГГ
7.	**INTERNATIONAL SUBMARINE ENGINEERING LTD** https://ise.bc.ca/product/explorer/		THESEUS AUV РКП: ГГ + 4 крила
8.	**IQUA ROBOTICS** https://iquarobotics.com/girona-500-auv		GIRONA 500 AUV, РКП: ГГ в насадці, 4 шт.
9.	**ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES (IAI)** https://www.iai.co.il/p/bluewhaletm-system-eli-3325		BLUE-WHALE РКП: ГГ в насадці
10.	**OCEANEERING INTERNATIONAL, INC** https://www.oceaneering.com/survey-and-mapping/geoscience-and-auv-surveys/		OCEAN SURVEYOR РКП: ГГ в насадці
11.	**SAAB SEAEYE** https://www.saabseaeye.com/solutions/underwater-vehicles/sabertooth-single-hull		SEAEYE SABERTO-OTH РКП: канальні гвинти, 6 шт.
12.	**TRANSMARK SUBSEA AS** https://www.boxfishrobotics.com/products/arv-i/arv-i-features/		ARV-I РКП: азимутальні гвинти, 4 шт.
13.	**YSI INTEGRATED SYSTEMS & SERVICES** https://www.ysi.com/ecomapper		I3XO ECOMAPPER AUV РКП: ГГ в насадці

За проведеним оглядом видно, що гребний гвинт залишається актуальним у якості рушія АБПА. Такі АБПА, як правило мають обтічну, частіше торпедоподібну форму, рушійна система яких складається з двигуна постійного струму, гребного гвинта та гідродинамічних плавників які забезпечують рух та маневреність апарата. Найбільш поширеним типом рушійно-кермового пристрою є гвинт в напрямній або поворотній насадці, також, набувають поширення поворотні гвинтові колонки (азимутальні рушії).

Одним з передових світових виробників рушіїв для АБПА є компанія Tecnadyne [16]. Дана компанія пропонує широкий спектр сучасних рушіїв та підрулюючих пристроїв, зокрема на АБПА малого-середнього класів встановлюють рушії типу Model 2060-DD, Model 2061 Open Water Thrust, рис. 1. Дані рушії складаються з безщіткових двигунів постійного струму та гребних гвинтів в насадці Kort.

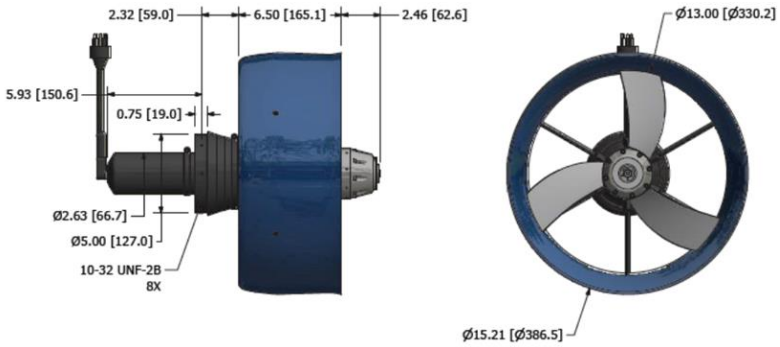


Рисунок 1 – Гребний електродвигун Model 2061 компанії Tecnadyne (США)

Гребний гвинт Model 2061 виготовлено з нержавіючої сталі, придатний як для правого, так і для лівого обертання та розроблений для оптимальної ефективності на швидкості до 10 вузлів.

Model 2061 використовується в системах малої потужності, має невеликий і легкий двигун, який приводить в рух ГГ через складну планетарну коробку передач.

Таблиця 2 – Технічні характеристики рушія Model 2061

Упор гребного гвинта:	16 кгс при 10 вуз, 34 кгс при 3 вуз.
Потужність:	1,5 кВт.
Діапазон робочої напруги:	від 150 до 330 В постійного струму
Цифрове керування:	RS485
Вага:	12 кг у повітрі; 10 кг у воді.
Робоча глибина:	850 і 1200 м. під тиском 1 атм; Повна глибина океану, з корпусом заповненим мастилом.
Конструкція:	Корпус з твердим анодованим алюмінієм 6061-T6; Корпуси з нержавіючої сталі типу 316 або титану 6Al4V.

Проте, в останні роки на ринку засобів морської робототехніки з'явились технічні рішення щодо РКП, конструкції яких використовують електричні двигуни з ободним приводом [17, 18]. Такі двигуни мають дуже високий ККД та миттєву реакцію на прискорення, що у поєднанні з безступінчастим керуванням забезпечує високу маневреність (рис. 2).

Конструктивно такі двигуни являють собою лопаті гребного гвинта, які встановлені не на центральному валу, а на зовнішньому кільці, яке є роботом двигуна. Кільце встановлене всередині кільцевого статора. Ротор і статор водонепроникні, а для обертання робота використовується підшипник, який змащується забортною водою. Найбільшими перевагами гребного електродвигуна з ободом є низький рівень шуму, потенційно підвищена ефективність і компактна конструкція, яка забезпечує відносно просту інтеграцію в багатьох застосуваннях.

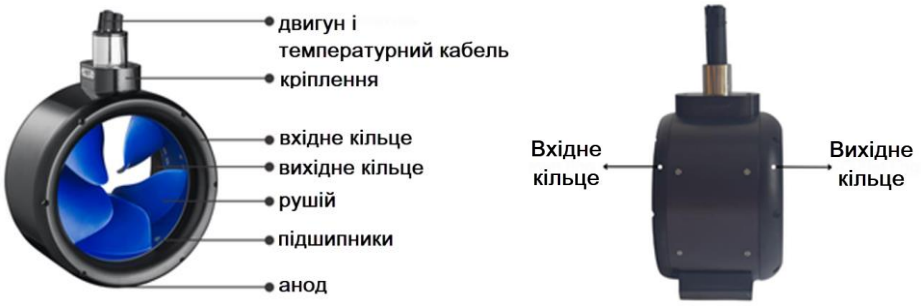


Рисунок 2 – Ободний гребний електродвигун фірми «Rim Drive Technology» (Нідерланди)

Оскільки вузол лопаті гвинта (ротора) приводиться в рух безпосередньо електромагнітними силами, вал і коробка передач не потрібні. Лопаті встановлені на кільці ротора, немає зазору на кінці (який може бути джерелом шуму в традиційних гребних гвинтах), а усунення механічної коробки передач також усуває помітні джерела шуму.

Основним недоліком двигунів такої конструкції є складність виготовлення високопродуктивних занурених двигунів із підшипниками, що змащуються водою.

Висновки. В роботі проведено аналіз типів рушійно-кермових пристроїв АБПА від світових виробників підводної техніки. Наведено технічні характеристики РКП провідних країн світу, що активно використовуються в Україні для АБПА малого класу. Отримані результати можуть слугувати основою для проектного вибору електрорушійних пристроїв новостворюваних АБПА.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Anduril*. Retrieved from: https://www.anduril.com/.
2. *SeaCat | ATLAS ELEKTRONIK*. Retrieved from: https://www.atlas-elektronik.com/solutions/mine-warfare-systems/seacat.html.
3. *Imotus Family*. Cellula Robotics. Retrieved from: https://www.cellula.com/imotus-family.
4. *ORANGE SHARK Autonomy Underwater Vehicle (AUV)*. Retrieved from:https://www.deepinfar.com/en-product-detail?productType=AUV&title=ORANGE%20-SHARK%20Autonomy%20Underwater%20Vehicle%20%28AUV%29%20%20%20&productIndex=0&proType=undefined.
5. *U_ MAPPER – Edgelab*. Retrieved from: http://www.edgelab.eu/our-products/auvs/u-mapper.
6. *U_Tracker – Edgelab*. Retrieved from: http://www.edgelab.eu/our-products/auvs/u-tracker.
7. *A18D / AUV / Autonomous Underwater Vehicle | Exail*. ECA Group. Retrieved from: https://www.ecagroup.com/en/solutions/a18-d-auv-autonomous-underwater-vehicle.
8. *REMUS 620*. BuildingTECH. Retrieved from: https://building-tech.org/Сообщество/noviy-bespylotniy-podvodniy-apparat-remus-620-sozddan-dlya-vedenyya-razvedky-nablyudenyya-y-rekognostsyrovky.
9. Explorer AUV. *International Submarine Engineering*. Retrieved from: https://ise.bc.ca/product/explorer/.
10. *Girona 500 AUV – IQUA Robotics*. Retrieved from: https://iquarobotics.com/girona-500-auv.
11. *BlueWhale^{TM} System ELI-3325 Autonomous Submarine System*. ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES. Retrieved from: https://www.iai.co.il/p/bluewhaletm-system-eli-3325.
12. *OCEANEERING INTERNATIONAL, INC. Ocean Surveyor*. Retrieved from: https://www.oceaneering.com/survey-and-mapping/geoscience-and-auv-surveys/.
13. *Sabertooth Single Hull | Saab Seaeye*. Retrieved from: https://www.saabseaeye.com/solutions/underwater-vehicles/sabertooth-single-hull.
14. Autonomous Underwater Resident Vehicle ARV-i Features. *Boxfish Robotics*. Retrieved from: https://www.boxfishrobotics.com/products/arv-i/arv-i-features/.
15. *EcoMapper AUV Autonomous Underwater Vehicle | ysi.com*. Retrieved from: https://www.ysi.com/ecomapper.
16. *Tecnadyne. The Leader in Subsea Propulsion*. Retrieved from: https://www.tecnadyne.com.
17. RIM Drive Technology. Product catalog Rim Drive Technology. https://rimdrivetechnology.nl/wp-content/uploads/2022/03/Product-catalog-2022.pdf.
18. *Yan, X; Liang, X; Ouyang, W; Liu, Z; Liu, B; Lan, J (4 September 2017).* "A Review of Progress and Applications of Ship Shaft-less Rim-driven Thrusters".

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВІАЦІЙНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЦИКЛОКОНВЕНТОРНОГО ТИПУ

Єнчев С. В., Гобатюк Т. П.
Національний авіаційний університет
(Україна)

Вступ. Дискретно-неперервні електричні системи з напівпровідниковим перетворювачем забезпечують високу точність, продуктивність і ККД, але вимагають точного проектування, випробувань і високої якості роботи. Циклоперетворювачі (які також називаються прямими перетворювачами змінного струму в змінний струм) використовуються для перетворення форми сигналу змінного струму в інший сигнал змінного струму з нижчою частотою та такою ж або меншою амплітудою.

Математичний опис циклоконвертора.

Існує багато різних типів циклоконверторів, залежно від застосування, але найпопулярнішими та найкориснішими для керування швидкістю приводних двигунів є з 3-фазним входом і 3-фазним виходом (рис. 1).

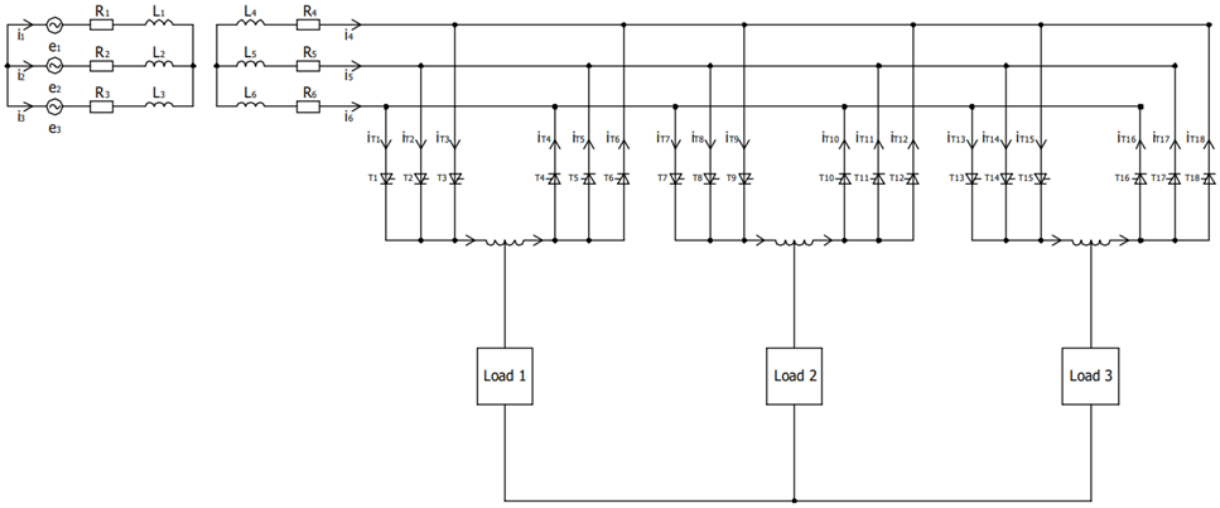


Рисунок 1 – Трифазний циклоконвертор

За допомогою параметричного методу аналізу напівпровідникових систем побудовано математичну модель силових кіл. У цьому методі кожен напівпровідниковий елемент апроксимується елементом зі змінними параметрами. Було зроблено припущення, що значення опору в провідному стані напівпровідникового елемента на кілька порядків нижче, ніж у непровідному стані. Таким чином, створена математична модель системи є набором жорстких нелінійних диференціальних рівнянь. Математичний опис системи отримано на основі наступних припущень:

– магнітопровод є лінійним;
– повітряний зазор рівномірний;
– однополярним потоком можна знехтувати;
– вихрові струми не враховуються;
– напівпровідникові елементи системи апроксимуються елементом зі змінним параметром.

Електрична підсистема електромеханічної моделі циклоперетворювача, що живить синхронну машину, описується наступними рівняннями:

$$\frac{d}{dt}\left(C^T L_g C i\right) + C^T L_g C i = u; \tag{1}$$

$$i_g = Ci; \tag{2}$$

$$C^T u_g = u\,, \tag{3}$$

де C – матриця обмежень; L_g – матриця індукцій гілок; R_g – матриця опорів відгалужень; i_g – вектор струмів відгалужень; u_g – вектор напруг джерела відгалуження; i – вектор струмів віток; u – вектор напруг віток.

Механічна підсистема описується рівняннями:

$$J_s \frac{d\omega_s}{dt} + D\omega_s = T_e - T_0\,; \tag{4}$$

$$\frac{d\varphi_s}{dt} = \omega_s\,; \tag{5}$$

$$T_e = \frac{1}{2} i^T C^T \frac{\partial L_g}{\partial \varphi_s} Ci\,, \tag{6}$$

де ω_s , φ_s – кутова швидкість і кут повороту ротора; T_e, T_0 – електромагнітний і навантажувальний моменти; J_s, D – момент інерції та коефіцієнт придушення.

Конкретні сітки в моделі слід вибирати таким чином, щоб відокремити диференціальні рівняння від алгебраїчних.

Тиристори представлені двоступеневими опорами, які визначаються з такої математичної моделі:

$$q_{Tv}(t+\Delta t) = \begin{cases} 1, \text{ if } i_{Tv} \rangle 0 \wedge w_v(t) \rangle 0 \wedge q_{Tv} \rangle 0 \vee i_{Tv} \rangle i_h \wedge q_{Tv} \rangle 0 \vee \\ \quad \vee u_{Tv} \rangle 0 \wedge w_v(t) \rangle 0 \wedge q_{Tv} \le 0, \\ 0, \text{ otherwise;} \end{cases} \tag{7}$$

$$R_{T_v}(t) = l\left(q_{T_v}, i_{T_v}\right); \tag{8}$$

$$u_{T_v}(t) = R_{T_v} i_{T_v}\,; \tag{9}$$

для $v \in \{1,2,\ldots,18\}$,

де i_{T_v} – струм у гілці, що містить тиристор; w_v – керуючий строб-сигнал; i_h – струм утримання; q_{T_v} – стан тиристора (провідність або непровідність); u_{Tv} – напруга тиристора; R_{T_v} – опір тиристора.

Удосконалення моделі циклоконвертора.

У математичній моделі розглянутого 3-імпульсний циклоперетворювач та використано матриці та вектори [2]. Для чисельних розрахунків наведена вище модель повинна бути модифікована. Модифікація полягає в тому, що матриці мережевих індуктивностей $C^T L_g C$ і мережевих опорів $C^T R_g C$ розділені на матриці елементів, що входять в індуктивну та резистивну гілки. Це означає, що порожні елементи в матриці індуктивності видаляються, через що матриця індуктивності стає оберненою.

Припускаючи:

$$C^T L_g C = \begin{bmatrix} L_a & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \tag{10}$$

$$C^T R_g C = \begin{bmatrix} R_a & R_{ab} \\ R_{ba} & R_b \end{bmatrix}; \tag{11}$$

$$i = \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \end{bmatrix},\ u = \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \end{bmatrix}; \tag{12}$$

$$\phi_a = L_a i_a\,. \tag{13}$$

Ми можемо відокремити диференціальні рівняння від алгебраїчних, отримуючи:

$$\frac{d\phi_a}{dt} = u_a - \left[R_a L_a^{-1} \phi_a + R_{ab} R_b^{-1} \left(u_b - R_{ba} L_a^{-1} \phi_a \right) \right]; \tag{14}$$

$$i_a = L_a^{-1} \phi_a ; \tag{15}$$

$$i_b = R_b^{-1} \left(u_b - R_{ba} L_a^{-1} \phi_a \right). \tag{16}$$

Підсистема генерації імпульсів була описана за допомогою наступних рівнянь:

$$u_{ref\mu} = u_m \sin\left(\omega_{ref} t + \alpha_{ref} - \frac{2\pi}{3} (\mu - 1) \right), \tag{17}$$

для $\mu \in \{1,2,3\}$;

$$u_v = u_m \sin\left(\omega\, t - \frac{2\pi}{3} (v - 1) \right); \tag{18}$$

$$g_v(t) = u_{ref\mu}(t) - u_v(t); \tag{19}$$

$$w_v(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } \left[g_v(t) \cdot g_v(t - \Delta t) < 0 \right] \wedge \left[u_v(t) < u_v(t - \Delta t) \right]; \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \tag{20}$$

де $v \in \{1,2,...,18\}$; $u_{ref\mu}(t)$ – опорна напруга; $u_v(t)$ – вхідна напруга; $g_v(t)$ – допоміжна напруга.

Висновки. Створена математична модель досліджуваної системи являє собою систему жорстких нелінійних диференціальних, логічних і алгебраїчних рівнянь. Рівняння моделі можна розв'язати за допомогою методів неявного інтегрування, які є ефективними, але порівняно з явними методами займають більше часу. Використання матриці обмежень спрощує побудову математичної моделі. Але це спрощення призводить до того, що машину потрібно враховувати через природний набір координат, що ускладнює чисельні розрахунки та збільшує час обчислень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Setlak L., Ruda E., Review, Analysis and Simulation of Advanced Technology Solutions in Power Electronics Systems (PES) of More Electric Aircraft. World Academy of Science, Engineering and Technology, https://suw.biblos.pk.edu.pl/downloadResource &mId=1953832.

2. Cheng R., Zhao W., Deng H., Jiang X. Modeling and Optimization Control for Aircraft AC Generator Brushless Excitation System Based on Improved Adaptive PSO // The Open Automation and Control Systems Journal. – 2015. -No 7. – pp. 21 – 30.

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ОСВІТИ. АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРОФЕСІЙНО СПРЯМОВАНИХ ЗАДАЧ МОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ

Зайцева Т. В., Камінська Н. Г.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Одним з основних завдань судноводія є визначення місця знаходження судна. Будь-які природні чи екстремальні обставини можуть змінити курс судна, а кібератака на суднову систему керування – позбавити можливості покладатися на показники приборів. Але судноводій повинен вміти прийняти правильне управлінське рішення та швидко визначитись за всіма необхідними параметрами.

Сьогодні оснащення будь-якого судна сучасним обладнанням, яке максимально автоматизує всі дії, дозволяє це робити швидко та якісно. Але в реальному житті може трапитися будь-яка подія, коли від швидкості прийняття рішення залежить існування як самого судна, так і його екіпажу. Так, досвідчений судноводій має вміти самостійно проводити обсервування місця судна, встановити величину відхилення обчислюваного місця судна від істинного, та нарешті з'ясувати причини цього відхилення і врахувати їх.

Моніторинг останніх досліджень і публікацій, які стосуються зазначеної тематики, вказує на те, що безпека судноплавства в значній мірі залежить, по-перше, від оснащеності судна, та, по-друге, від кваліфікації його офіцерського складу. Так, у своїй роботі «Система дипломування судноводіїв» Кочерєв О. С. [1] відзначив необхідність вдосконалення системи підготовки моряків, акцентувавши увагу саме на їх комплексній підготовці. Використання математичних моделей в задачах судноводіння та їх реалізацію методами інформаційних технологій розглядав у дослідженні «Вдосконалення алгоритмів інформаційного забезпечення маневрування суден» Калініченко Є. В. [2] Необхідність володіння методами рішення задач навігації підкреслює в роботі «Розробка способу урахування траєкторії похибки повороту судна» Казак Ю. В. [3].

Метою проведеного дослідження є вивчення специфіки використання інформаційних технологій вирішення професійно спрямованих навігаційних задач методами вищої математики.

Спеціальні професійні дисципліни підготовки фахівців морського профілю, зокрема судноводіїв, містять велику кількість завдань, які потребують вирішення математичними методами. Курсант зобов'язаний побудувати алгоритм проведення розрахунків, реалізувати розрахунки за складними формулами, враховуючи специфіку завдання, та, головне, мати можливість швидко проводити перерахунки при зміні вхідних даних. Доцільним є використання інформаційних технологій, наприклад, Google Tables або електронних таблиць Excel, які дозволяють, змінюючи вхідні дані, миттєво отримувати результат. Показовим з цієї точки зору прикладом є алгоритм розрахунку всіх показників рейсу на основі відомих координат порту відправлення судна A (широта φ_1 та довгота λ_1) та порту прибуття B (широта φ_2 та довгота λ_2), розмірів судна та його навантаження. До того ж, розрахункові формули повинні враховувати напрями широти (N або S) та довготи (E або W), кліматичні умови регіону, тобто крім звичайних математичних формул використовуються логічні функції та їх суперпозиції. Заздалегідь підготовлена форма обчислення дозволяє лише змінити вхідні дані та отримати гарантовано правильні результати, причому випускник морського вишу має вміти самостійно будувати такі алгоритми.

Основна частина. Отже, спочатку розглянемо найпростішу задачу: визначення невідомих параметрів сферичного трикутника за відомими вхідними даними. Сферичний трикутник має шість основних елементів: три кути A, B, C та три сторони a, b, c. Кути позначаються тими ж великими літерами, що й вершини трикутника, а протилежні їм сторони – відповідними малими буквами.

Кути сферичного трикутника рівні відповідним двогранним кутам тригранника. Сторони трикутника, визначені у кутовій чи радіанній мірі, дорівнюють відповідним плоским кутам тригранника. Тобто, всі шість елементів сферичного трикутника дорівнюють відповідним елементам тригранника. Розрахункові формули дозволяють за трьома будь-якими параметрами сферичного трикутника знайти останні три. Наприклад, якщо відомі дві сторони *a, b* та кут між ними *C*, знаходимо кути *A, B* та сторону *c*. Відповідно формули мають вигляд:

$$\cos C = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C \quad (1)$$

$$ctg\ A = \frac{ctg a \cdot \sin b - \cos b \cdot \cos C}{\sin C} \quad (2)$$

$$ctg\ B = \frac{ctg b \cdot \sin a - \cos a \cdot \cos C}{\sin C} \quad (3)$$

Але для остаточного знаходження кутів *A, B* та сторони *c* треба використовувати зворотні тригонометричні функції. Отримані результати треба перевести з радіанної міри у градусну та представити їх у звичайній формі. Затрати часу навіть для розв'язання однієї задачі достатньо громіздкі, причому, без впевненості в правильності отриманих результатів.

В курсі інформаційних технологій розглядається тема автоматизації розрахунку завдань сферичної тригонометрії. Алгоритм розв'язання запропонованої найпростішої задачі: за трьома відомими параметрами сферичного трикутника знайти невідомі.

Для майбутнього моряка – судноводія ці задачі мають навчальне значення, тобто розуміння постановки задачі, розрахункових формул, уміння ними користуватися, побудови алгоритму їх використання та оцінки і перевірки отриманого результату. Але це є першим кроком до розв'язання професійно спрямованих задач, таких як визначення місцеположення судна, тобто широти та довготи його знаходження або пункту прибуття, розрахунок запасу палива з урахуванням погодних умов, дрейфу, обходу підводних рифів, здійснення навігаційної прокладки, визначення проміжних точок траєкторії руху та багато інших задач, які відносяться до категорії судноводійських розрахунків. Наше дослідження стосується повної узгодженості формул сферичної тригонометрії та спеціальних методів проведення навігаційних розрахунків, а головне, оптимізації цих розрахунків завдяки побудові оптимальних алгоритмів та їх реалізації в електронних таблицях MS Excel.

Тепер розглянемо основну задачу, на прикладі якої відстежимо взаємозв'язок між різними підходами розв'язування завдання та проведемо аналіз отриманих результатів. Така методика дозволяє курсанту-судноводію осмислити сутність технічної постановки задачі та необхідність користування як математичним апаратом, так і можливостями сучасних засобів проведення розрахунків, які включають вміння структурувати дані та оптимізувати алгоритм реалізації.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ВХІДНІ ДАНІ ЗА УМОВАМИ ЗАДАЧІ										
2	Маніла		$14^0 35' N$	$120^0 58' E$							
3	Лісабон		$38^0 41' N$	$9^0 09' W$							
4	ПЕРЕВЕДЕННЯ У ДЕСЯТКОВУ ТА РАДІАННУ ФОРМУ										
5		ШИРОТА, φ					ДОВГОТА, λ				
6		град	хв	напрям	ДЕСЯТКОВА	РАДІАННА	град	хв	напрям	ДЕСЯТКОВА	РАДІАННА
7	Маніла	14	35	N	14,58	0,25	120	58	E	120,97	2,11
8	Лісабон	38	41	N	38,68	0,68	9	9	W	9,15	0,16
9	Дуга МЛ (Маніла-Лісабон): центральний кут										
10	$\cos a = \sin\phi_2 \cdot \sin\phi_1 + \cos\phi_2 \cos\phi_1 \cos(\lambda_1 + \lambda_2)$.										
11											
12	cos *a* =	-0,329408		a =	1,906						
13	Найкоротша відстань між Манілою та Лісабоном										
14	R Земної кулі, км			12144,2	6557,9						
15	6370										
16				км	мор. міль						

найкоротша відстань | навігація | локсодромія

Рисунок 1 – Розрахунок відстані між портами методами сферичної тригонометрії

Припустимо, що відомі координати порту відправлення судна: широта φ_1 та довгота λ_1, та порту прибуття: широта φ_2 та довгота λ_2. Треба визначити відстань між цими

портами. Для прикладу, це відстань між портами Маніла та Лісабон. Спочатку вирішимо цю задачу методами сферичної тригонометрії (рис. 1).

На рисунку 1 добре видно, як можна структурувати розрахунки щоб алгоритм був оптимальним та зрозумілим. Як бачимо, найкоротша відстань між Манілою та Лісабоном складає 12144,2 км, або 6557,9 морських миль (1 морська миля = 1,852 км).

Тепер будемо користуватися формулами навігаційної прокладки:

$$tgK_i = \frac{\text{РД}_i \cdot \cos(\varphi_{\text{ср}_i})}{\text{РШ}_i} \tag{4}$$

$$S = \sqrt{\text{РШ}_i^2 + \text{РД}_i^2 \cdot \cos(\varphi_{\text{ср}})^2} \tag{5}$$

де K_i – курс, яким прямує судно, *РШ* та *РД* відповідно різниця широт та довгот портів відходу та приходу, $\varphi_{ср}$ – середня широта між портами (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Перехід судна Маніла-Лісабон											
2	Точки переходу	Координати										
3		широта, ф			довгота, λ							
4		градуси	хв.	напрям	градуси	хв.	напрям	Широта	Довгота	РД	Середня широта	РШ
5	Маніла	14	35	N	120	8	E	14,58	120,13	-129,3	26,63	24,10
6	Лісабон	38	41	N	9	9	W	38,68	-9,15			
7												
8		Модуль курсу		78,22								
9		Відстань		7083,1	миль							
10				13117,9	км							

$$tgK_i = \frac{РД_i \cdot cos(\varphi_{ср_i})}{РШ_i}$$

$$S_i = \sqrt{(\varphi_{i+1} - \varphi_i)^2 + ((\lambda_{i+1} - \lambda_i) \cdot \cos(\varphi_{ср}))^2}$$

найкоротша відстань | навігація | локс

Рисунок 2 – Розрахунок відстані між портами навігаційними методами

За розрахунками, відстань між Манілою та Лісабоном складає 13118 км, або 7083 миль. Цей результат майже на тисячу кілометрів перевищує попередній, але він враховує саме протяжність морського шляху з урахуванням особливостей рельєфу. До того ж, розраховується так званий істинний курс судна.

Але наступний підхід дозволяє виконати повну прокладку

Постановка задачі. Відомі географічні координати портів *A* і *B* земної поверхні: широти φ_1, φ_2 та довготи λ_1, λ_2. Треба знайти відстань між портами *A* і *B*, значення проміжних широт дуги великого кола для нанесення на меркаторську карту та виконати навігаційну прокладку. Для отримання відповідей на поставлені питання потрібно визначити деякі важливі поняття.

Локсодромія – лінія постійного курсу. При плаванні судна на невеликі відстані (сотні миль) та веденні графічного числення шляху судна на карті в проекції Меркатора зручно виконувати це плавання по локсодромії - лінії постійного курсу, незважаючи на те, що це і не найкоротша відстань між двома заданими точками.

Ортодромія – дуга великого кола (ДВК) – найкоротша відстань між двома точками на земній сфері – крива, звернена (на МНК в проекції Меркатора) опуклістю до найближчого полюсу. Плавання вздовж дуги великого кола (довжина ортодромії):

$$S_{\text{орт}} = \arccos\left(\sin\varphi_{\text{п}} \cdot \sin\varphi_{\text{к}} + \cos\varphi_{\text{п}} \cdot \cos\varphi_{\text{к}} \cdot \cos\left(\lambda_{\text{к}} - \lambda_{\text{п}}\right)\right) \tag{6}$$

де $\varphi_п$, $\varphi_к$, $\lambda_п$, $\lambda_к$ – координати початкової і кінцевої точок.

Довжина локсодромії:

$$S_{\text{локс}} = \frac{\phi_{\text{к}} - \phi_{\text{п}}}{cos\left(arctg\frac{(\lambda_{\text{п}} - \lambda_{\text{к}}) \cdot cos\frac{\phi_{\text{п}} + \phi_{\text{к}}}{2}}{\phi_{\text{к}} - \phi_{\text{п}}}\right)} \tag{7}$$

Широти проміжних точок дуги великого кола для нанесення на меркаторську карту можна знайти за формулою:

$$\phi_i = arctg\frac{sin(\lambda_i - \lambda_0)}{tgK_0}, \tag{8}$$

де λ_i – довгота проміжної точки, λ_0 – довгота точки перетину екватора ортодромії, K_0 – кут між меридіаном і ортодромією в точці перетину екватора.

$$\lambda_0 = \frac{\lambda_n+\lambda_к}{2} - arctg\left[\frac{sin(\phi_n+\phi_к)}{sin(\phi_к-\phi_n)} * tg\frac{\lambda_к-\lambda_n}{2}\right] \quad (9)$$

$$K_0 = arctg\frac{sin(\lambda_n-\lambda_0)}{tg\phi_n} \quad (10)$$

Точки переходу	широта			довгота			Широта, град	Широта, радіан	Довгота, град	Довгота, радіан
	градуси	хвилини	напрям	градуси	хвилини	напрям				
Маніла	14	35	N	120	8	E	14,58	0,25	120,13	2,10
Лісабон	38	41	N	9	9	W	38,68	0,68	-9,15	-0,16
	рад	**град**								
Sopt =	1,8975	108,7206	**6523,24**	миль						
	рад	**град**	**12081,04**	км						
S локс =	2,0604	118,0517	**7083,102**	миль						
			13117,9	км						

Довгота, град	Довгота, радіан	φ_i, радіан	φ_i, град	град	хвилини
120,13	2,10	0,2545	14,5833	14	35
110,13	1,92	0,4417	25,3048	25	18
100,13	1,75	0,5910	33,8641	33	52
90,13	1,57	0,7039	40,3292	40	20
80,13	1,40	0,7859	45,0292	45	2
70,13	1,22	0,8431	48,3078	48	18
60,13	1,05	0,8802	50,4336	50	26
50,13	0,87	0,9003	51,5852	51	35
40,13	0,70	0,9051	51,8592	51	52
30,13	0,53	0,8950	51,2786	51	17

λ =	2,3	радіан
K_0 =	-0,7	радіан

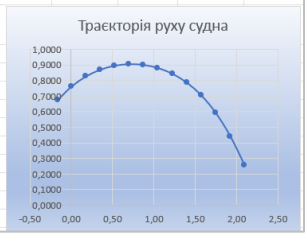


Рисунок 3 – Розрахунок траєкторії руху судна

Висновки. Ціна помилки в завданнях судноплавства може бути непомірно висока, так як тягне за собою не тільки ризик величезних економічних втрат, нанесення шкоди навколишньому середовищу, але і загрозу життю членів екіпажу судна. Так, якщо допустити помилку у визначенні координат точки приходу судна лише на один градус, судно опиниться за 60 міль від запланованого пункту. В якості прикладу розглядався рух судна від порту Маніла до порту Лісабон. Розрахунки, виконані різними методами, підтвердили гіпотезу про те що результат за навігаційними формулами враховує саме протяжність морського шляху з урахуванням особливостей рельєфу, а за формулами сферичної тригонометрії – відстань «по прямій». Але він також важливий для майбутнього судноводія, тому що дозволяє отримати оцінку шляху та зробити висновки про взаємне розташування портів. До того ж, розраховується так званий істинний курс судна, а також проміжні точки дуги великого кола (за ортодромією).

Основною перевагою проведеного дослідження є активне використання сучасних інформаційних технологій, а саме, оптимізація проведення навігаційних розрахунків. Такий підхід, крім наявних результатів, дозволяє краще розуміти зміст складних математичних формул, набути навички їх застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кочерєв О. С. Система дипломування судноводіїв у галузі морського, зокрема річкового, судноплавства України. Південноукраїнський правничий часопис 3’2021, Том 1. Вид-во Одеський державний університет внутрішніх справ, 2021. – С.77–81.
2. Калініченко Є. В. Вдосконалення алгоритмів інформаційного забезпечення маневрування суден. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. Одеса, 2017. Режим доступу: http://onma.edu.ua/spetsializovana-vchena-rada-d-41-106-01.
3. Казак Ю. В. Розробка способу урахування траєкторної похибки повороту судна при оцінці безпеки судноводіння. Дисертація на здобуття ступеня канд. наук. Національний університет "Одеська морська академія". 2020. Режим доступу: https://uacademic.info/ua/document/0420U102175#!

РЕАЛІЗАЦІЯ ВАГОНІВ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» ЧЕРЕЗ ЕТС «ПРОЗОРРО. ПРОДАЖІ» ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЦІНОУТВОРЕННЯ ЗА ПОСЛУГИ ЗАЛІЗНИЦІ

Запара В. М., Булгаков О. Р., Личкун С. О., Масалов Є. І.
Український державний університет залізничного транспорту
(Україна)

Вступ. Процеси інформатизації все більше пронизують життя суспільства, в тому числі і сферу ринкових відносин. Важливим при цьому є коректне використання сучасних майданчиків електронних торгів, наприклад, ЕТС «Прозорро. Продажі» всіма учасниками залізничної логістики.

Актуальність досліджень. АТ «Укрзалізниця» активно використовує публічні торги в системі «Прозорро», в більшості випадків для проведення закупівель (контрактів за підсумками торів у 2023 році було підписано на суму 47 млрд грн), що відповідає Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року [1]. Однак, при використанні ЕТС «Прозорро. Продажі» в кінці 2023 року АТ «Укрзалізниця» на тлі профіциту вагонів-зерновозів створила передумови для зростання ціни користування вагоном-зерновозом з 336 грн до 4000 грн за добу.

Постановка задачі. Встановити причини «розігріву» цін на таких аукціонах, а також оцінити його вплив на ціноутворення за послуги залізниці на прикладі транспортування зернових вантажів, надати пропозиції щодо формування дійсно ринкової ціни на користування вагонами-зерновозами АТ «Укрзалізниця».

Результати досліджень. Вирішальний вплив на формування цін на зерно в Україні у 2024/25 маркетинговому році матимуть не чинники аграрного виробництва (погодні умови, врожайність, валовий збір тощо), а висока вартість доступу аграріїв до ринків, яку визначають теперішні принципи ціноутворення на послуги залізничної логістики. Наразі ціна зернової логістики формується не виробниками та експортерами, від яких походить попит на перевезення зернових вантажів, а посередниками та власниками вагонних парків.

Аналіз ситуації вказує на кардинальну її відмінність від торішньої. Адже навесні 2023 ще зберігалися ринкові чинники впливу на вартість залізничних перевезень: тодішні тенденції скорочення реального попиту вантажовласників на перевезення, на тлі профіциту вагонів-зерновозів, формували передумови зниження вартості залізничної логістики для аграріїв до рівня 2020-2021 маркетингового року. Так, напередодні маркетингового сезону 2023/24 складалися ринкові чинники (співвідношення попиту і пропозиції), що ціна користування вагоном-зерновозом в розрахунках вартості перевезення становитиме в межах 500 грн за добу.

Наразі ж формуються передумови, що ціна добового користування вагоном-зерновозом у 2024/25 маркетинговому році може бути в кілька разів вищою за торішні прогнози. Не 500 грн, а, оцінково, 1800 грн за добу. Хоча обсяги перевезення будуть меншими: вже звучать прогнози про 30% скорочення валового збору врожаю через відмову аграріїв від інтенсивних технологій та основних експортних культур, так само попит на транспорт відповідно теж буде меншим, адже наразі в Україні профіцит вагонів-зерновозів.

За здорових ринкових відносин зниження попиту на тлі великої пропозиції (а саме профіциту вагонів-зерновозів) має призводити до зменшення ціни. Однак цього не відмічається. Адже з жовтня 2023 року АТ “Укрзалізниця” створила передумови для зростання ціни користування вагоном-зерновозом з 336 грн до 4000 грн за добу. Аналіз методів проведення АТ “Укрзалізниця” аукціонів на використання вагонів-зерновозів дозволив виявити причини цього карколомного здорожчання:

– несистемність проведення аукціонів, коли аграрій-виробник не має чіткого розуміння, скільки вагоновідправок він може придбати на необхідний період, та чи придбає взагалі;

– свідоме виставлення на аукціон обмеженої кількості вагоновідправок;

– сам механізм аукціонів АТ "Укрзалізниця", який дозволяє й навіть заохочує участь перекупників, та водночас ускладнює участь безпосередніх виробників-фермерів.

Згідно інформації за жовтень 2023 року [2] **АТ «Укрзалізниця» проводило «англійські» та «голландські» аукціони, де реалізовувало вагоновідправки у піввагонах та зерновозах.** Із загальної кількості реалізованих 4 231 вагоновідправок у зерновозах, 1 071 – з терміном навантаження протягом жовтня, а 3 160 – з кінцевим терміном навантаження 31 грудня 2023 року. Тобто середьодобове забезпечення в обсязі навантаження в зерновози АТ «Укрзалізниця», які реалізовані через ЕТС «Прозорро.Продажі» в жовтні склало 34,5 вагонів на добу, що складає: 3,1% – від загального середньодобового навантаження в усі зерновози в жовтні; 13,3% від середньодобового навантаження у зерновози власності АТ «Укрзалізниця» в жовтні.

Загалом у жовтні АТ «Укрзалізниця» анонсувало проведення аукціонів на продаж 7100 вагоновідправок у зерновозах, з яких 300 були відмінені. Із 6800 вагоновідправок в зерновозах, які були виставлені на аукціони: 2 880 – з терміном навантаження протягом жовтня (початок навантаження з 08.10.2023); 3 920 – з кінцевим терміном навантаження 31 грудня 2023 року.

Середньодобова пропозиція вагоновідправок у зерновозах власності АТ «Укрзалізниця» через ЕТС «Прозорро.Продажі» у жовтні на жовтень склала 120 вагонів на добу, що склало 46% від середньодобового навантаження у вагони АТ «Укрзалізниця».

У жовтні середньодобова пропозиція вагоновідправок на листопад і грудень 2023 склала 64 вагони на добу, що складе близько 25% від прогнозованого середньодобового навантаження у листопаді-грудні в вагони АТ «Укрзалізниця». Тобто, для забезпечення 100% реалізації зерновозів АТ «Укрзалізниця» через ЕТС «Прозорро.Продажі» середньодобова пропозиція зерновозів АТ «Укрзалізниця» в листопаді на листопад мала б складати не менше 200 вагоновідправок на добу. Фактично у жовтні середньодобова пропозиція вагоновідправок у зерновозах власності АТ «Укрзалізниця» на ЕТС «Прозорро.Продажі» склала 186 вагони на добу.

До того ж, до розігріву цін на аукціонах нерідко долучаються власники приватних вагонних парків, які умисно прив'язують оренду своїх вагонів до цінової планки аукціонів АТ "Укрзалізниця", а потім приходячи на аукціон (не за перевезеннями!) самі й визначають для всього ринку "справедливу ринкову ціну". Нині ж, коли обсяги перевезень сезонно знижуються, АТ "Укрзалізниця" зробила черговий крок щоб упередити падіння ціни:

– вона відмовляє охочим придбати перевезення на голландських аукціонах, які проводила раніше і які проводить наразі для напіввагонів.

– АТ «Укрзалізниця» вийшла з пропозицією довгострокових договорів на перевезення за фіксованою ціною.

Але механізм формування цін за умовами цих договорів вигідний передусім експедиторам, а не аграріям-виробникам. Ціна залежить від обсягу заявленого вантажу, тому середній та малий агровиробник буде вимушений сплачувати більше, ніж перекупник-гуртовик. Фактично АТ "Укрзалізниця" знову стає рятівним колом для експедиторів та приватних власників вагонів, тому що саме ціни АТ «Укрзалізниця» стануть маркером для всього ринку.

Тобто "справедлива ринкова ціна" перевезень зерна формується не виробниками та експортерами, від яких й походить попит на перевезення зернових вантажів, а посередниками та власниками вагонних парків, які не мають ні експорту, ні зерна. "Врегульована" таким чином вартість перевезення найбільшою мірою й визначатиме внутрішню ціну на зерно. Внутрішня ціна на зерно визначає не лише мотивацію аграріїв

щодо наступних посівних кампаній, вона визначає валовий внутрішній продукт країни. Таким чином виходить, що кілька фірм та чиновники державного монополіста АТ "Укрзалізниця" й визначають обсяг ВВП для всієї галузі.

Цей чинник вплине на посівну. Низка компаній вже відмовляється від сівби ярих зернових культур і зосереджується на технічних культурах, та тих, що спроможні витримати дорогу логістику. А виробники найвіддаленіших від портів регіонів (зокрема Чернігівської області) сіятимуть переважно ті культури, які зможуть переробити на місці.

Станом на березень 2024 року відбувається певне зниження вартості перевезення зернових вантажів залізницею у вагонах АТ «Укрзалізниця»: здешевшали **зерновози** – з 1350 до 1250 грн на добу без ПДВ. Загальна вартість перевезення 1 т зерна у зерновозах АТ «Укрзалізниця» залежно від відстані перевезення (400–700 км) наразі становить від 14,1 до 21,7 долара за тонну.

Загальна вартість перевезення враховує усі види платежів та включає в себе: тариф перевезення (інфраструктурна складова); компенсацію порожнього пробігу вагона; вартість використання вагона при перевезенні (1250 грн/добу); вартість двох діб користування вагоном при навантаженні/розвантаженні; додаткові станційні збори та платежі по станції відправлення (2500 грн/вагон).

Окрім того, вартість перевезення зерна у вагонах АТ «Укрзалізниця» продовжує знижуватися за рахунок зменшення вартості використання вагонів перевізника через зменшення ринкової вартості використання зерновозів в Україні.

За попередніми розрахунками, у квітні 2024 року очікується зменшення вартості використання-зерновозів АТ «Укрзалізниця» з 1250 до 1100 грн/добу, що відповідно зменшить загальну вартість перевезення зерна залізницею.

Висновки. Доведено, що методи реалізації вагонів-зерновозів АТ «Укрзалізниця» через ЕТС «Прозорро. Продажі» мають суттєвий вплив на ціноутворення на послуги залізниці.

Змінити тенденцію на формування дійсно ринкової ціни можливо наступним чином: достатньо повернутися до того формату й періодичності аукціонів на користування вагонами-зерновозами, які вже були, наприклад, восени 2022 року, та запропонувати виробникам-аграріям довгострокові зобов'язання перевезення з конкретних локацій місцеперебування їхніх вантажів, так само через аукціон.

І реалізувати це необхідно вже сьогодні, коли аграрій визначається з майбутньою стратегією продажів. Це і буде справедливим ринком.

До речі, АТ "Укрзалізниця" це раніше вже практикувала. Повернути слід саме такий формат взаємовідносин, який не створюватиме аграріям фінансового тягаря в доступі до ринків – це цілком у повноваженнях державного перевізника АТ "Укрзалізниця".

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text (дата звернення: 12.04.2024).

2. Аналіз реалізації Укрзалізницею вагоновідправок через ЕТС «Прозорро.Продажі» в жовтні 2023 року. URL : https://www.railinsider.com.ua/analiz-realizacziyi-uz-vagonovidpravok-cherez-ets-prozorro-prodazhi-v-zhovtni-2023-roku/ (дата звернення: 12.04.2024).

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ РОБОТИ ІЗ КОНТЕЙНЕРНИМИ ПОЇЗДАМИ

Запара Я. В., Гур'єв Б. Ю., Сватко О. О., Строганова Є. С.
Український державний університет залізничного транспорту
(Україна)

Вступ. В умовах воєнного стану транспортний комплекс України виконує численні надзвичайно важливі та додаткові місії. Розширення обсягів, напрямків та асортименту вантажів, що перевозяться у контейнерах, сприятиме більш ефективному використанню вагонного та контейнерного парку, зменшенню простою порожніх вагонів і контейнерів, а також можливості зворотного завантаження.

Актуальність досліджень. Умови обмеженого функціонування морських портів перетворюють сухопутні коридори до країн ЄС на основні ланцюги поставок вантажів. Основна мета полягає в інтеграції засобів автомобільного та залізничного транспорту в транспортну систему. Змішані, мультимодальні, інтермодальні та комбіновані перевезення об'єднують два головні види наземного транспорту - автомобільний і залізничний - у єдиний транспортний процес. Переважна частина вантажних перевезень буде здійснюватися залізничним транспортом.

Постановка задачі. Однією з ключових задач у впорядкуванні транспортно-експедиторської роботи є організація та оптимізація транспортних потоків, розподіл ланцюга поставок вантажів, забезпечення швидкої доставки вантажів та скорочення затримок на прикордонних і перевалочних станціях. Це вимагає аналізу можливих шляхів удосконалення транспортно-експедиторської діяльності з контейнерними вантажами на залізницях, а також розробки пропозицій щодо обґрунтування необхідності створення системи прискорених контейнерних поїздів.

Результати досліджень. Послідовний логістично-транспортний ланцюг представлений у вигляді сукупності обслуговуючих апаратів і накопичувачів. До накопичувачів відносять: місткість станційних колій залізничної станції і місць зберігання вантажів (склади і напівпричепи), порти та інше. До обслуговуючих апаратів відносять маневрові локомотиви, навантажувально-розвантажувальні машини і автотранспорт [1].

Оскільки логістично-транспортний ланцюг включає різні етапи, такі як транспортування, навантаження та складування, для прийняття оптимального рішення необхідно враховувати потреби кожної складової частини (виду транспорту). Це означає, що обмежені ресурси (інвестиції) повинні бути розподілені таким чином, щоб забезпечити виконання всіх завдань логістично-транспортного ланцюга, зокрема, доставку вантажів "точно в термін" з мінімальними витратами для вантажовласника та перевізника.

Критерії оптимальності можуть використовуватися разом із іншими показниками, які відображають інтереси всіх учасників у логістичній дистрибуції вантажів. Кількість критеріїв, які враховуються при оцінці ефективності запропонованої методики знаходження оптимального режиму функціонування логістично-транспортного ланцюга, майже не має впливу на результат.

За цільову функцію, що виступає як координуюча, приймається час доставки вантажів, що є важливішим показником якості роботи логістично-транспортного ланцюга. Задача полягає у тому, щоб розподілити загальні виділені для оснащення даного об'єкта ресурси, таким чином серед частин логістично-транспортного ланцюга, щоб забезпечити мінімальний час на доставку вантажів контейнерними поїздами при виконанні обмежень, що впливають на собівартість, пропускну спроможність логістично-транспортного ланцюга і сумарні виділені ресурси [1].

У світовому досвіді видно, що конкурентна боротьба з іншими видами транспорту за залучення нових вантажних потоків змусила залізниці постійно удосконалювати

обслуговування вантажопотоків, підвищувати рівень сервісу та розширювати перелік наданих послуг.

У транспортній галузі сформувався попит на послуги, які сприяють поліпшенню стану на ринку транспортних послуг шляхом надання комплексних послуг, що враховують потреби клієнтів та є точними й доступними у плані тарифів та обслуговування. Загальна комплексна оцінка якості обслуговування відображає конкурентоздатність залізничного транспорту порівняно з його конкурентами.

Вимоги вантажовласників до якості транспортного обслуговування характеризуються низкою показників, таких як гарантований час доставки, регулярність або ритмічність доставки вантажів, забезпечення засобами перевезення, гнучкість у задоволенні змінюваних вимог з боку клієнтури, забезпечення збереження вантажів, що перевозяться, експлуатаційна надійність всіх елементів логістичного ланцюга доставки вантажів, комплексність транспортного обслуговування, транспортна забезпеченість території і доступність користувачів, безпека перевезень, екологічність транспорту та інше [2].

Для виконання цих вимог можна використовувати комбіновані види транспорту, зокрема, організацію мережі залізниць для перевезення вантажних контейнерів. Це є одним із способів підвищення якості транспортного обслуговування.

Організація контейнерних поїздів дозволяє забезпечити високий рівень збереження і надійності перевезень протягом всього маршруту перевезення.

При цьому забезпечується:

– відсутність перевантаження відправок на кордонах;

– надійний транспортний зв'язок через термінали;

– доставка вантажів «від дверей до дверей»;

– стеження за вантажами на всьому шляху прямування, що включає оповіщення про відправлення і прибуття вантажів, що дозволяє покращити використання рухомого складу, контейнерів і напівпричепів.

Крім того, можна скоротити оборотні активи у клієнтів та збільшити обсяги перевезень і прибутковість за рахунок використання комбінованих перевезень та отримання пільг за оплату за вантажні вагони та контейнери, а також за маршрутні відправлення і обіг грошових коштів, оскільки контейнери часто перевозять цінні вантажі.

Для оцінки доцільності формування контейнерних поїздів необхідно аналізувати фактори, що впливають на умови їх функціонування, такі як склад (вагова норма), середня швидкість руху, частота обертання, жорсткий графік руху та вартість вантажу.

Оскільки основою системи перевезення вантажів у контейнерах є баланс контейнерів, які надходять на термінал та відправляються з нього, важливо розглянути завантаженість контейнерних терміналів в Україні, яка може відрізнятися від виробничих даних минулих років.

Складність технології логістично-транспортного ланцюга, велика кількість обмежень і факторів створюють значні труднощі при оптимізації режимів функціонування. Тому для ефективного управління такими системами доцільно використовувати багаторівневий підхід, розглядаючи задачу як ієрархічну систему більш простих задач.

Прискорення обігу вагонів з контейнерами може звільнити вагонний парк для додаткових перевезень, при цьому варто розглядати не лише досягнуте прискорення, а й економічний ефект на витрати вагонних годин.

Оптимізація процесу перевезень за допомогою прискореного руху контейнерних поїздів є важливим резервом скорочення транспортних витрат та підвищення рівня транспортного сервісу. Така технологія перевезень дозволяє скоротити терміни доставки та знизити витрати, пов'язані з організацією доставки, порівняно з традиційними схемами перевезення.

Висновки. Процес доставки вантажів контейнерними поїздами слід розглядати як ключовий елемент логістичного транспортного ланцюга міжнародних транспортних коридорів. Проведений аналіз узагальненої економіко-математичної моделі контейнерних поїздів, що включає основні критерії та параметри, враховує технічне оснащення ланцюга та технологію транзитних потоків. У моделі враховуються різні канали обслуговування з різною потужністю та вартістю, які впливають на просування вагонопотоків.

При розробці моделі завезення та вивезення вантажів за допомогою автотранспорту важливо враховувати, що у сучасних умовах обсяги перевезень дрібними відправками практично дорівнюють нулю. Це пояснюється високими витратами (висока перевізна плата), низькою схоронністю вантажів та великим терміном доставки. Більшість цих відправлень в даний час перевозяться автомобільним транспортом, тому розглядати їх як перспективний напрямок в подальшому розвитку послуг не доцільно.

Перспективою розвитку запропонованих підходів може бути уточнення прогнозу обсягів перевезень та витрат, пов'язаних із транспортуванням вантажів у контейнерах, за допомогою використання стохастичних методів моделювання та штучного інтелекту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Альошинський Є. С. Принципи логістичного дослідження прикордонних передавальних станцій / Є. С. Альошинський, Ю. В. Кіхтєва // Східноєвропейський збірник передових технологій. – Харків, 2007. – № 1/2 (25). - С. 96–99.

2. Баритко А. Л., Куренков П. В. Організація і технологія зовнішньоторгових перевезень // Залізничний транспорт України. – 1998. – №8. – С. 59–63.

РЕВОЛЮЦІЯ Е-НАВІГАЦІЇ: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОПЛАВСТВІ ТА ЇХ МАЙБУТНЄ

Карамушка М. В., Аскерова В. В.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. В контексті глобалізації та зростаючих вимог до екологічності та безпеки судноплавства, питання підвищення ефективності судноводіння на водних шляхах України набуває особливої актуальності. Інформаційні технології стрімко входять у всі сфери життя, включаючи судноплавство, пропонуючи революційні зміни в е-навігації. Розглядаючи прогрес та інновації в судноплавній індустрії, можна стверджувати, що майбутнє за цифровізацією, що обіцяє не тільки покращення безпеки та ефективності мореплавства, а й створення нових можливостей для розвитку галузі.

Сучасне судноплавство стикається з безліччю викликів, включаючи потребу забезпечення безпеки плавання, оптимізацію маршрутів, ефективність управління флотом та зменшення впливу на довкілля. Відповіддю на ці виклики стає активне впровадження інформаційних технологій, які відкривають нові горизонти для розвитку електронної навігації.

Аналіз літератури та існуючих методик показує, що значний простір для підвищення ефективності судноводіння лежить у сфері попередження аварій на мілинах та уникнення зіткнень на водних шляхах, особливо в умовах інтенсивного судноплавства. Розвиток та впровадження інформаційних технологій у цю сферу може стати вирішенням цих проблем.

Сучасні інформаційні системи у судноплавстві дозволяють компаніям в режимі реального часу відстежувати місцезнаходження своїх суден, стан вантажів, погодні умови та інші критичні параметри. Системи управління флотом, які інтегровані з GPS та іншими супутниковими технологіями, забезпечують оптимізацію маршрутів з урахуванням швидкості доставки, витрати палива та безпеки. Автоматизація документообігу знижує адміністративні навантаження і підвищує точність логістичних операцій.

Інформаційні системи відіграють ключову роль у навігації та безпеці мореплавства. Сучасні навігаційні системи, такі як ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), інтегрують картографічні дані, інформацію про трафік та метеорологічні умови, забезпечуючи капітанам суден всю необхідну інформацію для безпечного плавання. Ці системи також сприяють ефективному плануванню маршрутів та допомагають уникнути потенційних небезпек.

Одним з ключових напрямків розвитку IT у судноплавстві є електронна навігація (e-Navigation). Ця концепція, розроблена під егідою Міжнародної морської організації (IMO), передбачає створення єдиної інтегрованої системи для обміну навігаційною, гідрографічною, метеорологічною і іншою важливою інформацією між суднами та береговими службами з метою підвищення безпеки та ефективності мореплавства. Концепція е-навігації включає широке впровадження цифрових технологій та автоматизацію процесів управління судноплавством, що дозволяє значно покращити обмін інформацією, забезпечити точність навігації, а також сприяє захисту морського довкілля.

Значення е-навігації полягає у забезпеченні цілісної системи, яка дозволяє суднам ефективно використовувати навігаційні дані, прогнози погоди, інформацію про трафік у реальному часі та інші критично важливі дані для безпечної та оптимальної маршрутизації. Це знижує ризики зіткнення, сприяє економії палива через оптимізацію маршрутів і, як наслідок, зменшення викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Інтеграція та сумісність систем в рамках е-навігації є ключовими аспектами, які вимагають уніфікації стандартів для обміну даними між різноманітними системами і технологіями. Це включає в себе не тільки суднові системи, але й берегові структури, портові служби, служби пошуку та рятування. Особливу увагу приділяється кібербезпеці систем е-навігації, з огляду на важливість забезпечення захисту від несанкціонованого доступу та кібератак.

Перспективи розвитку е-навігації включають в себе подальшу автоматизацію процесів управління судноплавством, використання передових технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання для аналізу великих обсягів даних та покращення прийняття рішень на судні. Також активно розвиваються технології для автономних суден, які можуть користуватися е-навігацією для повністю незалежного плавання.

Розвиток е-навігації відкриває нові горизонти для міжнародного судноплавства, сприяючи створенню безпечнішого, ефективнішого та екологічнішого морського транспорту. Водночас це вимагає від усіх учасників морської галузі готовності до інтеграції нових технологій та адаптації до швидко змінюваних умов навігації та управління.

Це не лише підвищує безпеку морських перевезень, але й забезпечує додаткові переваги, такі як оптимізація маршрутів та планування навантажень.

Е-навігація – це комплексний підхід до управління морською інформацією, який включає збір, інтеграцію, передачу, відображення та аналіз даних для підвищення безпеки та ефективності морських перевезень. Ця концепція охоплює як суднові, так і берегові системи, забезпечуючи безперервний обмін інформацією та підтримку прийняття рішень в умовах реального часу.

Переваги е-навігації:

1. Підвищення безпеки мореплавання: Автоматизація процесів навігації та управління інформацією знижує ризик людських помилок, які можуть призвести до аварій або надзвичайних ситуацій на морі.

2. Ефективність руху суден: Оптимізація маршрутів завдяки точним навігаційним даним і прогнозам погоди сприяє скороченню часу переходів і витрат на паливо.

3. Захист навколишнього середовища: Зменшення кількості аварій та ефективне планування маршрутів сприяють зниженню викидів шкідливих речовин у атмосферу та водойми.

Попри значні переваги, впровадження е-навігації супроводжується низкою викликів, зокрема необхідністю гармонізації міжнародних стандартів, забезпеченням сумісності різних систем та обладнання, а також підготовкою кваліфікованих фахівців.

Висновки. Майбутнє е-навігації обіцяє революційні зміни в морському транспорті, де інтеграція інформаційних технологій і автоматизованих систем стане основою для розробки інтелектуальних, автономних суден нового покоління. Ці інновації не лише зроблять морські перевезення більш безпечними та ефективними, але й дозволять відкрити нові можливості для розвитку глобальної морської індустрії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Титов А. В. Стан та перспективи реалізації технології е-навігації / А. В. Титов, Л. Баракат, А.Хаизаран // Вісник Державного університету морського і річкового флоту імені адмірала С. О. Макарова. – 2019. – Т. 11. – № 4. – С. 621–630. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-621-630.

2. Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту: матеріали XI Міжн. наук.-практ. конф. Ізмаїл, 3 4 грудня 2020 р. Запоріжжя: АА Тандем, 2020. 580 с.

3. Офіційний сайт Міжнародна морська організація (IMO) – imo.org.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ AR/VR ТЕХНОЛОГІЙ НА ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ СТУДЕНТІВ

Корнієнко О. С.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. У сучасному світі технології дедалі активніше впроваджуються у всі сфери людської діяльності, включно з освітою. Особливо вражаючий прогрес спостерігається у застосуванні доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR), що відкривають нові горизонти для методик викладання та навчання. Ці технології пропонують революційні підходи до освітнього процесу, дозволяючи створити занурювальне та інтерактивне середовище для студентів. Вони не тільки перетворюють традиційне навчання, але й відкривають нові можливості для індивідуального та диференційованого підходу, що дозволяє кожному студенту розвивати власні освітні траєкторії. Технології AR/VR забезпечують не лише новітні навчальні інструменти, але й стають ключем до більш ефективної та залученої освіти [1, 2].

Актуальність досліджень. Використання AR/VR в освіті не лише є сучасним трендом, але й вирішує ряд істотних проблем традиційного навчального процесу. Освітні системи постійно прагнуть стати більш інклюзивними, адаптивними та ефективними, і технології AR/VR пропонують значні переваги для досягнення цих цілей. Дослідження використання цих технологій в освіті демонструють, що вони можуть значно покращити розуміння матеріалів, підвищити мотивацію студентів, а також надати можливості для глибшого і більш персоналізованого навчального досвіду.

Вивчення впливу AR/VR на освіту відкриває нові можливості для розвитку критичного мислення та творчих навичок через інтерактивні та занурювальні сценарії, оптимізації індивідуального навчального плану, де кожен учень може вчитися в оптимальному для себе темпі та стилі, підвищення доступності освіти для студентів з обмеженими можливостями через адаптаційні технологічні рішення. Знання та вміння, здобуті за допомогою AR/VR, можуть забезпечити студентам переваги, необхідні для успішної кар'єри в технологічно насиченому майбутньому [3].

Постановка задачі. У центрі дослідження стоїть аналіз застосування AR/VR у сфері освіти, з особливим акцентом на те, як ці технології можуть впливати на індивідуальні освітні траєкторії студентів. Метою дослідження є не тільки виявлення потенційних переваг AR/VR, але й визначення можливих ризиків та викликів, що супроводжують використання цих технологій у освітньому процесі. Це допоможе розробити рекомендації щодо ефективної інтеграції AR/VR у навчальні програми, спрямовані на підвищення якості освіти.

Результати досліджень. Результати досліджень з використання AR/VR в освітній сфері вказують на широкі можливості цих технологій для зміни традиційного навчального процесу. Дослідження зосереджені на декількох ключових аспектах: залученість студентів, розуміння навчальних матеріалів, персоналізація навчання, та доступність освіти.

Залученість студентів виявилася значно вищою в групах, де використовувалися AR/VR. Інтерактивність і занурювальність цих технологій стимулювали більш активну участь у навчальному процесі. Студенти зазначали, що віртуальні реалії дозволяють їм краще зосередитися на матеріалі, мінімізуючи відволікаючі фактори традиційного класу. [4]

Покращення розуміння складних концепцій було особливо помітним у галузях, де необхідно візуалізувати складні об'єкти або процеси, таких як біологія, хімія, та інженерія. Наприклад, VR дозволяє студентам "відвідувати" віртуальні лабораторії, де вони можуть

проводити експерименти без ризику для здоров'я або без витрат на матеріали. AR забезпечує змогу "бачити" молекулярні структури в тривимірному просторі, що сприяє глибшому розумінню матеріалу [3].

Персоналізація навчання з AR/VR відкриває нові можливості для адаптації навчального процесу під індивідуальні потреби студентів. Технології дозволяють створювати унікальні навчальні траєкторії, які адаптуються до швидкості навчання, стилю засвоєння інформації та переваг учня. Це зокрема корисно для студентів з особливими освітніми потребами, яким може бути складно слідувати стандартному навчальному плану [5].

Доступність освіти також покращилася з впровадженням AR/VR. Студенти з віддалених або менш розвинених регіонів, які раніше мали обмежений доступ до якісних освітніх ресурсів, тепер можуть отримувати схожий рівень освітніх послуг, як їхні однолітки у більш населених або розвинених місцях. Технології AR/VR дозволяють цим студентам взаємодіяти з ресурсами та освітніми програмами, які були б недоступні через географічні або економічні бар'єри [3, 5]

Однак, важливо враховувати як переваги, так і можливі недоліки та виклики, що пов'язані з використанням AR/VR у освіті. Одним з основних недоліків застосування AR/VR в освіті є висока вартість обладнання та програмного забезпечення. Не кожен навчальний заклад може дозволити собі інвестувати в потрібні технології, особливо у країнах з обмеженим освітнім бюджетом. Також, підтримка та оновлення технологічної інфраструктури може вимагати значних постійних витрат.

Так як, технології AR/VR ще знаходяться в стадії розвитку, що може призвести до технічних проблем під час їхнього використання, таких як збої програмного забезпечення, помилки в трекінгу або несумісність із наявним обладнанням. Ці перешкоди можуть негативно вплинути на навчальний процес. Зі збільшенням кількості особистих даних, що збираються через AR/VR додатки, зростає й ризик їхнього неналежного використання. Захист даних студентів та забезпечення їх конфіденційності є важливим аспектом, що вимагає постійної уваги та інвестицій [5].

Також слід зазначити, що інтенсивне використання VR може викликати Cybersickness (кіберзахворювання), втома очей, головний біль або навіть рухові розлади, особливо при тривалому зануренні в віртуальні середовища. Також існують занепокоєння щодо соціальної ізоляції учнів, які можуть надавати перевагу віртуальному спілкуванню замість реального [5].

Хоча AR/VR можуть збільшити залученість, вони також можуть обмежити особистісний контакт між вчителем та студентом, що є важливим для соціального та емоційного розвитку. Важливо знайти баланс між використанням новітніх технологій та підтриманням реальної взаємодії.

Загалом, результати досліджень підкреслюють значний потенціал AR/VR як засобів реформування освіти, зробивши її більш інклюзивною, адаптивною та ефективною. Ці технології не тільки покращують якість освіти, але й відкривають нові шляхи для освітнього процесу, що може враховувати індивідуальні особливості кожного учня. Однак треба зважати і на мінуси, які потребують уважного розгляду та аналізу при розробці та впровадженні навчальних програм, які включають AR/VR [6].

Висновки. На основі проведеного дослідження з використання AR/VR в освітньому процесі виявилося, що ці технології значно підвищують залученість та мотивацію студентів. Інтерактивність і занурювальність AR/VR дозволяють учням активніше приймати участь у навчанні, краще засвоювати матеріал через занурювальні досвіди. Також, ці технології забезпечують більш ефективне викладання складних наукових та технічних концепцій, оскільки надають можливість візуально та практично демонструвати матеріал у контрольованому та безпечному середовищі. Однією з ключових переваг AR/VR є можливість персоналізації освітнього процесу. Технології дозволяють розробляти індивідуальні навчальні підходи, які адаптовані до потреб та

темпу навчання кожного студента, що робить освіту більш доступною та ефективною для різних категорій учнів. Крім того, AR/VR сприяють поліпшенню доступності освіти, розширюючи можливості для студентів з віддалених або менш розвинених регіонів, вирівнюючи освітні можливості незалежно від географічного розташування. Однак, при впровадженні AR/VR важливо звернути увагу на потенційні мінуси, такі як технічні проблеми, фізичні та психологічні ризики, а також питання конфіденційності. Необхідно розробити заходи для мінімізації цих ризиків, щоб забезпечити безпеку та комфорт учнів. Врахування цих факторів допоможе максимізувати переваги від використання цих технологій і створити більш ефективне та безпечне навчальне середовище для всіх студентів.

На підставі цих висновків можна рекомендувати наступне:

- Освітні установи, уряди та приватні організації повинні інвестувати в розвиток і впровадження AR/VR технологій для підвищення якості та доступності освіти.
- Важливо інтегрувати AR/VR у навчальні програми таким чином, щоб вони доповнювали та підсилювали традиційні методи навчання, а не заміняли їх повністю.
- Необхідно продовжувати дослідження щодо довгострокових ефектів використання AR/VR в освіті для кращого розуміння їхнього потенціалу та впливу.
- Важливо встановити строгі правила забезпечення конфіденційності та безпеки особистих даних студентів, що обробляються через AR/VR технології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chouhan, K. (2020). Industry 4.0 Transformation to the Future –Ready Society. National Journal of Arts, Commerce & Scientific Research Review, 7(2), 1417.
2. Kumar, D. (2019). Virtual Reality (Vr) & Augmented Reality (Ar) Technologies. National Journal of Arts, Commerce & Scientific Research Review, 6(1), 230-235.
3. Hsiao, K. F., Chang, C. H., & Liao, C. C. (2018). Effects of virtual reality on learning performance: A case study of online learning. Journal of Educational Technology & Society, 21(4), 133–141.
4. Kamińska, D.; Sapiński, T.; Wiak, S.; Tikk, T.; Haamer, R.E.; Avots, E.; Helmi, A.; Ozcinar, C.; Anbarjafari, G. Virtual reality and its applications in education: Survey. Information 2019, 10, 318.
5. Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. Educational Research Review, 20, 1–11.
6. Kumar, M. R. R., & Bajpai, D. A. (2015). Cybergogy: Learning Strategy in Virtual World. Kaav International Journal of Science, Engineering & Technology, 2(1), 81–86.

МЕТОДИ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ТА ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ГРАНИЧНОЇ ТРАЄКТОРІЇ КОРОТКОФОКУСНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКА, ЯКИЙ ФОРМУЄТЬСЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ГАРМАТАМИ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ, З ВИКОРИСТАННЯМ КОРНЕ-ПОЛІНОМІАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ

Мельник І. В.[1], Тугай С. Б.[1], Коваленко О. М.[1] Починок А. В.[2], Семікіна Т. В.[3]

[1]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», факультет електроніки, кафедра електронних пристроїв та систем, доктор техн. Наук (м. Київ, Україна)

[2]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут Електроніки та Мікросистемної Техніки (ІЕМТ), старший науковий співробітник, канд. техн. наук (м. Київ, Україна)

[3]Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лошкарьова НАН України, старший науковий співробітник, канд. техн. наук (м. Київ, Україна)

Вступ. Сьогодні у різних галузях промисловості, зокрема для виробництва транспортних засобів, широко використовують сучасні електронно-променеві технології. Це пов’язано з такими особливостями фізичних властивостей електронного пучка як технологічного інструмента, як-то висока чистота отримуваних виробів, що забезпечує їхню якість, висока загальна та питома потужність електронного пучка, а також можливість ефективного керування його просторовими та геометричними параметрами з використанням електричних та магнітних полів [1–6]. Сьогодні головними областями промислового застосування електронно-променевих технологій є наступні [1–6].

1. Електронно-променеве зварювання виробів із різних металів.
2. Нанесення металевих та керамічних покриттів у вакуумі в середовищі різних газів, зокрема інертних та активних.
3. Плавлення металів та керамічних виробів у високому вакуумі з метою їх очищення та підвищення якості.
4. Розмірна обробка виробів.
5. Відпалювання виробів.
6. Електронно-променева поверхнева обробка виробів з метою зменшення їх шорсткості та підвищення якості виробів.
7. Електронно-променева розмірна обробка матеріалів та літографія.
8. Тривимірний друк по металу.

Сьогодні основними галузями промисловості, де використовують сучасні розвинені електронно-променеві технології, є машинобудування, приладобудування, електронна промисловість, металургія, автомобілебудування, авіаційна та космічна галузі. Також є можливим впровадження сучасних електронних технологій у розвиток наземного, водного і повітряного транспорту [7]. Тут найбільш цікавими є такі сучасні можливості застосування потужних та інтенсивних електронних пучків.

1. Високоефективне та швидкодійне зварювання деталей та механізмів транспортних засобів [8].
2. Нанесення захисних та зміцнюючих керамічних покриттів на рухомі деталі механізмів, що піддаються тертю і тому мають невеликий термін служби через стирання їхньої поверхні у разі відсутності захисного покриття [9, 10].
3. Нанесення термостійких покриттів на лопатки двигуна, циліндри та інші деталі машин, що зазнають сильного нагрівання. Це дозволяє у значній мірі підвищити енергоефективність теплових двигунів внутрішнього спалювання, дизельних та реактивних двигунів [9, 10].

4. Вакуумне очищення металів та керамічних матеріалів з метою підвищення їхньої чистоти [11–15]. Наприклад, у [11–14] розглянуто особливості технологічного процесу отримання високочистого полікристалічного кремнію для сучасної електронної промисловості, а у [15] технологічний процес очищення титану.

5. Виплавляння деталей машин і механізмів складної геометричної форми з використанням сучасних технологій тривимірного друку [16, 17].

Поряд із розвитком традиційно використовуваних електронних гармат із розжарюваними катодами, область застосування яких є дещо обмеженою із-за необхідності використання високого вакууму, сьогодні розробляють електронні гармати, робота яких основана на інших фізичних принципах [2–6]. Окремим попитом серед розробників сучасного електронно-променевого технологічного обладнання користуються електронні гармати високовольтного тліючого розряду (ВТР) [18–23]. Такі гармати мають певні особливості порівняно із традиційно використовуваними електронними гарматами із розжарюваними катодами. Загалом ці особливості пов’язані із фізикою горіння ВТР та серед яких слід відмітити наступні [18–23].

1. Відносна простота конструкції гармати та можливість її розбирання для заміни відпрацьованих вузлів, зокрема холодного катоду ВТР та високовольтного ізолятора..

2. Стабільна та надійна робота гармат ВТР у низькому вакуумі в середовищі різних газів, зокрема, інертних та активних.

3. Простота вакуумного технологічного обладнання.

4. Простота керування струмом розряду та потужністю електронного пучка.

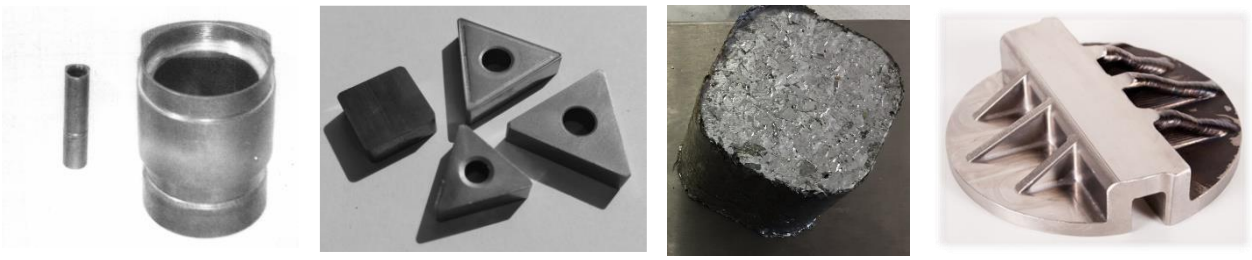
Тому основними галузями застосування електронних гармат на основі ВТР в сучасних промислових технологіях виробництва транспортних засобів є наступні [18–23].

1. Високопродуктивне зварювання складних деталей рухомих частин машин та механізмів [8].

2. Отримання керамічних термостійких, термозахисних та зміцнюючих покриттів в середовищі активних газів [9, 10].

3. Тривимірний друк деталей складної форми [16, 17].

Фотографії деяких промислових виробів, виготовлених з використанням електронних гармат ВТР різного технологічного призначення, представлені на рис. 1.



а) б) в) г)

Рис. 1 – Зварювання трубок різного діаметру (а) [8], захисні плівки нітриду титану на інструментах, які ріжуть (б) [9, 10], злиток титану високої чистоти (в) [15], та клапан насосу морської води, виготовлений за технологією тривимірного друку з титану марки CP Ti Grade 4 (г) [17]

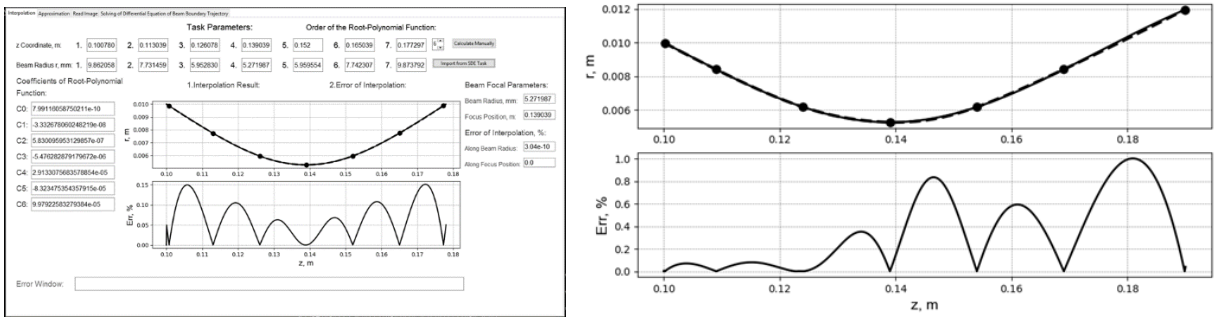
Аналіз результатів попередніх досліджень та загальна постановка задачі. Сьогодні проблема впровадження перспективних електронних гармат ВТР в промисловому електронно-променевому технологічному обладнанні загалом полягає в тому, що не розроблений ефективний математичний апарат щодо інтерполяції та екстраполяції граничної траєкторії короткофокусних електронних пучків у разі їх поширення в умовах низького вакууму з компенсацією просторового заряду електронів іонами залишкового газу. Саме за таких фізичних умов формують електронні пучки в гарматах ВТР. У роботах

[1, 24–26] було розглянуто методи інтерполяції граничної траєкторії короткофокусного електронного пучка з використанням корне-поліноміальних функцій виду:

$$r(z) = \sqrt[n]{C_n z^n + C_{n-1} z^{n-1} + \ldots + C_1 z + C_0}, \quad (1)$$

де z – поздовжня координата дрейфу електронного пучка, r – радіус граничної траєкторії пучка, n – степінь поліному та порядок кореневої функції, $C_0 - C_n$ – значення поліноміальних коефіцієнтів.

Загалом було досягнуто вкрай низьке значення похибки інтерполяції граничної траєкторії електронного пучка з використанням співвідношення (1), яке складало долі відсотків. Порівняння проводилося відносно числових даних, отриманих як результат числового розв'язку системи алгебро-диференціальних рівнянь, які описують граничну траєкторію короткофокусного електронного пучка в іонізованому газі за умови сталого значення тиску [24–26]. Отримані результати інтерполяції граничної траєкторії електронного пучка наведено на рис. 2, а, максимальне значення похибки інтерполяції складає 0,15 %.



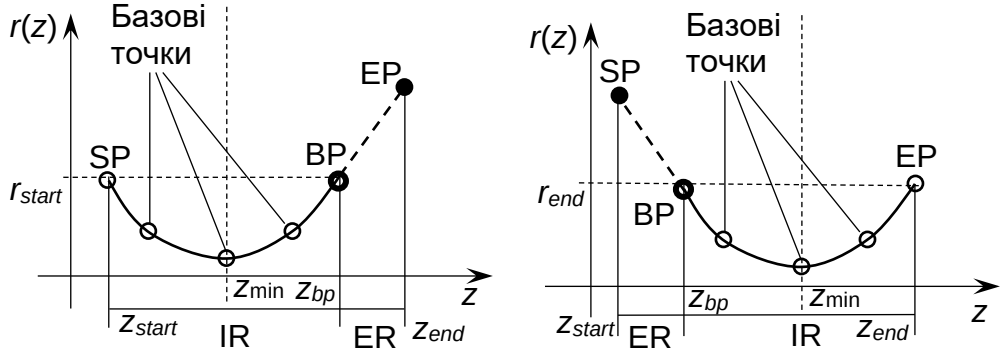
а) б)

Рис. 2 – Результати інтерполяції граничної траєкторії електронного пучка корне-поліноміальною функцією шостого порядку, екранні копії. Параметри модельної задачі: прискорювальна напруга – 20 кВ, струм пучка – 15 А, тиск в області транспортування пучка – 5 Па, початкове значення радіусу електронного пучка – 10 мм, початковий кут збіжності пучка – 10^0

Проте слід відзначити, що таке низьке значення похибки спостерігають лише для яружних залежностей $r(z)$, симетричних відносно лінії $z = \arg(r_{\min}(z))$, аналогічних наведеній на рис. 2, а. Якщо залежність $r(z)$ є несиметричною, значення похибки стає значно більшим. Відповідний результат інтерполяції наведено на рис. 2,б, тут максимальне значення похибки інтерполяції складає 1 %, а середнє значення – 0, 343%.

Тому головною метою даної роботи є пошук таких методів екстраполяції та інтерполяції яружних залежностей, які, через розташування відлікових точок симетрично відносно лінії симетрії $z = \arg(r_{\min}(z))$, дозволяють зменшити величину відносної похибки.

Особливості розробленого алгоритму екстраполяції яружних залежностей. Будемо розрізняти правосторонні та лівосторонні асиметричні яружні залежності, залежно від того, де розташована асиметрична гілка яружної функції. Відповідна графічна інтерпретація таких залежностей наведена на рис. 3. На таких залежностях завжди можна окремо виділити симетричну область інтерполяції IR та окрему гілку ER, де проводиться екстраполяція яружної функції. Через таку постановку задачі загальна відносна похибка екстраполяції, за умови рівномірного розташування базових точок в області інтерполяції IR, є меншою. Як показали проведені дослідження та комп'ютерні експерименти, на гілці екстраполяції ER значення похибки завжди стає більшим та лінійно зростає по мірі віддалення від граничної точки BP, але важливим є те, що локальне значення похибки в області мінімуму функції $z_{\min}$ є малою величиною. Ці результати цілком погоджуються із відомими положеннями теорії екстраполяції, функціональних рядів та регресійного аналізу [27, 28]. Результат рішення задачі екстраполяції для модельної задачі з параметрами, наведеними на рис. 2, за умови стартової та кінцевої точки екстраполяції $z_{start} = 0{,}1$ м та $z_{end} = 0{,}18$ м, наведені на рис 4.



а) б)

Рис. 3 – Правостороння (а) та лівостороння (б) асиметричні яружні функції. IR – область інтерполяції, ER – область екстраполяції, SP – початкова точка, EP – кінцева точка, BP – додаткова гранична точка

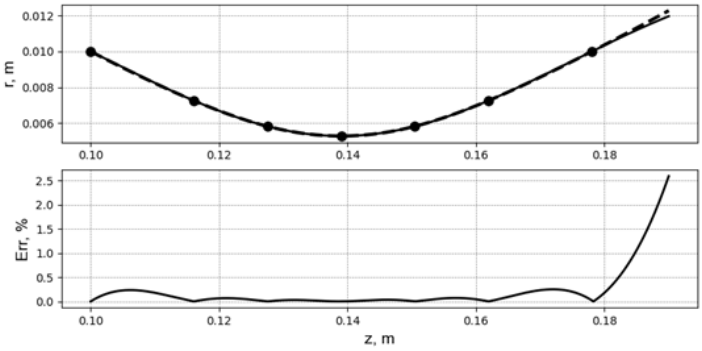


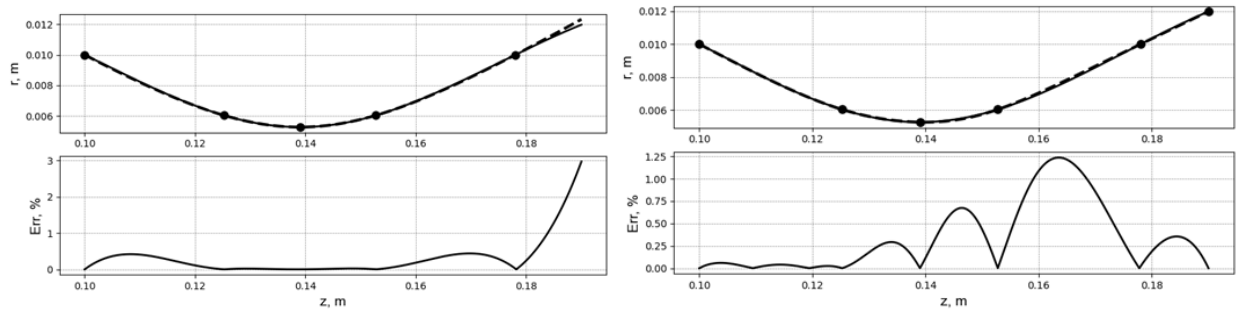
Рис. 4 – Результат екстраполяції правосторонньої яружної залежності для параметрів модельної задачі, заданих на рис. 2, корне-поліноміальною функцією шостого порядку, екранна копія

Із графічних залежностей, наведених на рис. 4, видно, що хоча максимальне значення похибки розв'язування завдання екстраполяції у точці EP складає 2,5 %, в області інтерполяції IR воно є значно меншим та не перевищує 0,25 %. Середнє значення похибки на всьому інтервалі інтерполяції складає 0,2 %. Результат екстраполяції, представлений на рис. 4, було отримано за таких значень коефіцієнтів корне-поліноміальної функції шостого порядку: $C_0 = 8{,}13838\cdot10^{-10}$, $C_1 = -3{,}399\cdot10^{-8}$, $C_2 = 5{,}9535\cdot10^{-7}$, $C_3 = -5{,}5974\cdot10^{-6}$, $C_4 = 2{,}9795\cdot10^{-5}$, $C_5 = -8{,}51473\cdot10^{-5}$, $C_6 = 1{,}0207\cdot10^{-4}$.

Алгоритм інтерполяції корне-поліноміальною функцією вищого порядку із додаванням стартової або кінцевої базової точки. Сутність цього алгоритму полягає в тому, що спочатку розв'язують задачу екстраполяції та відлікові точки рівномірно розташовують на інтервалі IR, а після цього додають одну базову точку: EP для лівосторонньої яружної функції або SP для правосторонньої. За такої умови можна розв'язати задачу інтерполяції яружної функції корне-поліноміальною функцією порядку n, де n – кількість базових точок на інтервалі інтерполяції IR.

На рис. 5, а, наведено результат екстраполяції яружної залежності для модельної задачі з параметрами, наведеними на рис. 2, корне поліноміальною функцією четвертого порядку. Коефіцієнти корне-поліноміальної функції мали наступні значення: $C_0 = 9{,}225557\cdot10^{-7}$, $C_1 = -2{,}5826\cdot10^{-5}$, $C_2 = 2{,}7366\cdot10^{-4}$, $C_3 = -1{,}3\cdot10^{-3}$, $C_4 = 2{,}34\cdot10^{-3}$. Тут максимальне значення похибки екстраполяції в околиці точки EP складає 3 %, а середнє значення становить, відповідно, 0,14 %. На рис. 5, б, наведено результат інтерполяції корне-поліноміальною функцією п'ятого порядку, отриманого за цими результатами екстраполяції функцією четвертого порядку, наведеними на рис. 5, а. Тут максимальне значення похибки є меншим та складає 1,237 %, а середнє значення становить, відповідно, 0,341 %. Для цієї задачі коефіцієнти корне-поліноміальної функції п'ятого порядку мали наступні значення: $C_0 = 1{,}585344\cdot10^{-8}$, $C_1 = -4{,}84132\cdot10^{-7}$, $C_2 = 5{,}7559\cdot10^{-7}$, $C_3 =$ –

$3{,}2787\cdot10^{-5}$, $C_4 = 8{,}683\cdot10^{-5}$, $C_4 = -7{,}948\cdot10^{-5}$.



а) б)

Рис. 5 – Результати екстраполяції правосторонньої яружної залежності для параметрів модельної задачі, заданих на рис. 2, корне-поліноміальною функцією четвертого порядку (а), та інтерполяції за результатами цієї екстраполяції корне-поліноміальною функцією п’ятого порядку (б), екранні копії

Всі наукові дослідження, описані в даній роботі, виконано в лабораторії електронно-променевих технологічних пристроїв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в рамках виконання науково-технічної розробки за замовленням МОН, номер державної реєстрації 0124U001525.

Висновки. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показали, що з використанням корне-поліноміальних функцій різного порядку можна, з високою точністю, вирішувати завдання інтерполяції та екстраполяції граничної траєкторії електронних пучків за умови їх поширення в іонізованому газі з компенсацією просторового заряду електронів. Показано, що у разі розв’язування задачі для несиметричних яружних функцій найкращими способами описання набору числових даних є виділення симетричного інтервалу та розв’язування задачі інтерполяції на ньому з подальшою інтерполяцією числових даних за межами цього інтервалу. В рамках інтервалу інтерполяції IR базові точки, для зменшення похибки, розташовують симетрично. Іншим способом інтерполяції є підвищення порядку поліному та включення кінцевої точки EP для правосторонньої асиметричної функції або SP для лівосторонньої до набору базових точок інтерполяції. Зазвичай саме з використанням методу інтерполяції корне-поліноміальною функцією вищого порядку вдається отримати найменшу максимальну та середню похибку інтерполяції. Описані у статті методи інтерполяції та екстраполяції граничної траєкторії електронного пучка реалізовані в програмному комплексі, написаному на мові програмування Python.

Отримані в роботі результати можуть бути цікавими для широкого кола фахівців, які займаються функціональним аналізом, теорією інтерполяції та екстраполяції, а також використанням методів інтерполяції та екстраполяції даних для розв’язування прикладних задач.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник І. В., Починок А. В. Інтерполяція та апроксимація граничної траєкторії електронного пучка з використанням корне-поліноміальних функцій з другого до п’ятого порядку. – Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2023). Збірка матеріалів XV Міжнародної науково-практичної конференції (24-25 травня 2023 р., м. Херсон). – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2023. – 344 с. – С. 303 – 311. https://ksma.ks.ua/wp-content/uploads/2023/06/Збірник_MINTT_2023.pdf.

2. Schiller S. Heisig U., Panzer S. Electron Beam Technology. New-York, John Wiley & Sons, 1982. – 509 p.

3. Lawson J. D. The Physics of Charged-Particle Beams. – Clarendon Press, Oxford, 446 p. – 1977. https://www.semanticscholar.org/paper/The-Physics-of-Charged-Particle-Beams-Stringer/80b5ee5289d5efd8f480b516ec4bade0aa529ea6.

4. Szilagyi M. Electron and Ion Optics. – Springer Science & Business Media, 2012, 539 p. https://www.amazon.com/Electron-Optics-Microdevices-Miklos-Szilagyi/dp/1461282470

5. Humphries S. J. R. Charged Particle Beams. – Courier Corporation, 2013, 834 p. https://library.uoh.edu.iq/admin/ebooks/76728-charged-particle-beams---s.-humphries.pdf.

6. Kasper E., Hawkes P. Principles of Electron Optics: Applied Geometrical Optics. Elsevier Science, 1989, 1188 P. https://books.google.com.ua/books?id=XHEDruIilgEC&hl=uk&source=gbs_book_similarbooks.

7. Мельник І. В., Тугай С. Б., Починок А. В. Особливості математичного моделювання технологічних джерел електронів високовольтного тліючого розряду. – Матеріали Дванадцятої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020». – С. 159–163. http://kma.ks.ua/ua/nauchnaya-rabota/konferentsii-i-seminary/mintt-2020.

8. Melnyk I., Tuhai S., Surzhykov M., Shved I., Melnyk V., Kovalchuk D. Analytical Estimation of the Deep of Seam Penetration for the Electron-Beam Welding Technologies with Application of Glow Discharge Electron Guns", 2022 IEEE 41-st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, P. 1–5. https://ieeexplore.ieee.org/document/9927071.

9. Prikhna, T. O., Grechanyuk, I. M., Karpets, M. V., Grechanyuk, M. I., Bagliuk, G. A., Grechanyuk, V. G., Chornovol, V. A., "Electron-Beam and Plasma Oxidation-Resistant and Thermal-Barrier Coatings Deposited on Turbine Blades Using Cast and Powder Ni(Co)CrALY(Si) Alloys I. Fundamentals of the Production Technology, Structure, and Phase Composition of Cast NiCrAlY Alloys", Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 61(1–2), 2022, P. 70–76. https://www.springer.com/journal/11106.

10. Prikhna, T. O., Grechanyuk, I. M., Karpets, M. V., Grechanyuk, M. I., Bagliuk, G. A., Grechanyuk, V. G., Khomenko, O. V., "Electron-Beam and Plasma Oxidation-Resistant and Thermal-Barrier Coatings Deposited on Turbine Blades Using Cast and Powder Ni(Co)CrAlY(Si) Alloys Produced by Electron-Beam Melting II. Structure and Chemical and Phase Composition of Cast CoCrAlY Alloys", Powder Metallurgy and Metal Ceramicsthis, 61(3–4), 2022, P. 230–237.

11. Sasaki H., Kobashi Y., Nagai T. and Maeda M. Application of electron beam melting to the removal of phosphorous form silicon: toward production of solar-grade silicon by metallurgical process. Advanced in material science and engineering, vol. 2013. Article ID 857196. https://cyberleninka.org/article/n/299910/viewer.

12. Kemmotsu T., Nagai T. and Maeda M. Removal Rate of Phosphorous form Melting Silicon. – High Temperature Materials and Processes, vol. 30, # 1 – 2. – P. 17 – 22. (2011) https://www.degruyter.com/journal/key/htmp/30/1-2/html.

13. Pires J. C. S., Barga A. F. B. and May P. R. The purification of metallurgically grade silicon by electron beam melting. – Journal of Materials Processing Technology, vol. 169, #1. – P. 347–355. (2005). https://www.academia.edu/9442020/The_purification_of_metallurgical_grade_silicon_by_electron_beam_melting.

14. Luo D., Liu N., Lu Y., Zhang G. and Li T. Removal of impurities from metallurgically grade silicon by electron beam melting. – Journal of Semiconductors, vol. 32, #3. Article ID 033003. (2011). http://www.jos.ac.cn/en/article/doi/10.1088/1674-4926/32/3/033003.

15. Davis A. E., Kennedy J. R., Strong D., Porte, S., Prangnell P. B., Kovalchuk D. V. et all. Tailoring equiaxed β-grain structures in Ti-6Al-4V coaxial electron beam wire additive manufacturing. – Materialia, Volume 20, December 2021, 101202. .https://www.sciencedirect.т com/science/article/abs/pii/S2589152921002052

16. Additive Manufacturing for the Aerospace Industry. The Book. Edited by: Francis Froes and Rodney Boyer. Elsevier Inc., 2019.

17. Kovalchuk D., Melnyk V., Melnyk I., Savvakin D., Dekhtyar O., Stasiuk O., Markovsky P. Microstructure and Properties of Ti-6Al-4V Articles 3D-Printed with Co-axial Electron Beam and Wire Technology. – Journal of Materials Engineering and Performance, 30(7), 2021, P. 5307–5322.

18. Melnyk I., Tuhai S., Pochynok A. Universal Complex Model for Estimation the Beam Current Density of High Voltage Glow Discharge Electron Guns. – Lecture Notes in Networks and Systems. Editors: Ilchenko M., Uryvsky L. and Globa L., 152, 2021. p. 319 – 341. https://www.springer.com/gp/book/9783030583583.
https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9088527

19. Denbnovetsky S., Melnyk V., Tugai B., Tuhai S., Wojcik W., Lawicki T., Assambay A., Luganskaya S. Principles of operation of high voltage glow discharge electron guns and particularities of its technological application. – Proceedings of SPIE, The International Society of Optical Engineering, 2017. P. 10445–10455.
https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10445/104455R/Principles-of-operation-of-high-voltage-glow-discharge-electron-guns/10.1117/12.2280736.short
https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.2280736.

20. Denbnovetsky S. V., Melnyk V. G., Melnyk I. V. High voltage glow discharge electron sources and possibilities of its application in industry for realizing of different technological operations. – IEEE Transactions on plasma science. – Vol. 31, #5. – P. 987-993. (October, 2003). https://ieeexplore.ieee.org/document/1240048.

21. Etcheverry J. I., Mingolo N., Rocca J. J. and Martınez O. E. A Simple Model of a Glow Discharge Electron Beam for Materials Processing. – IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 25, #3, 1997. – P. 427 – 432.

22. Melnyk I. V. Numerical simulation of distribution of electric field and particle trajectories in electron sources based on high-voltage glow discharge. – Radioelectronic and Communication Systems, v. 48, #6. – P. 61–71. – 2005. http://radioelektronika.org/article/view/S0735272705060087.

23. Denbnovetsky S. V., Felba J., Melnik V. I., Melnik I. V. Model of Beam Formation in A Glow Discharge Electron Gun With a Cold Cathode. - Applied Surface Science, 111. – P. 288–294. – 1997. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433296007611?via%3Dihub.

24. Melnyk I., Tuhai S. Pochynok A. Interpolation of the Boundary Trajectories of Electron Beams by the Roots from Polynomic Functions of Corresponded Order – 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). Conference Proceedings. – P. 28–33. https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=9085228.

25. Melnik I., Tugay S., Pochynok A. Interpolation Functions for Describing the Boundary Trajectories of Electron Beams Propagated in Ionised Gas. – 15-th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET – 2020) Conference Proceedings. P. 79 – 83. (2020).
https://ieeexplore.ieee.org/document/9088609.

26. Мельник І. В., Починок А. В. Дослідження класу алгебраїчних функцій для інтерполяції межових траєкторій короткофокусних електронних пучків. – Системні дослідження та інформаційні технології. 2020, №3. – С. 23–39.
http://journal.iasa.kpi.ua/article/view/221171/223555.

27. Draper N., Smith H. Applied Regression Analysis. 3 Edition. – Wiley Series, 706 p. – 1998. https://www.wiley.com/en-us/Applied+Regression+Analysis,+3rd+Edition-p-9780471170822.

28. Epperson J. F. An Introduction to Numerical Methods and Analysis. Revised Edition. Wiley-Interscience, 2007. – 590 p.

РОЛЬ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Молчанов П. О.
кандидат технічних наук, доцент кафедри професійної освіти,
дизайну та безпеки життєдіяльності
Полтавського національного педагогічного
університету імені В. Г. Короленка
Кондель В. М.
кандидат технічних наук, доцент кафедри професійної освіти,
дизайну та безпеки життєдіяльності
Полтавського національного педагогічного
університету імені В. Г. Короленка
Чернюк А. Ю.
магістрантка групи ПН(лп)-52 факультету технологій та дизайну
Полтавського національного педагогічного
університету імені В.Г. Короленка
Макаренко О. О.
магістрант групи ПН(лп)-52 факультету технологій та дизайну
Полтавського національного педагогічного
університету імені В. Г. Короленка

Вступ. В останні десятиліття дистанційне навчання стало невід'ємною складовою сучасної освіти [1]. Завдяки постійному розвитку технологій, воно набуло нових можливостей та перетворилося на ефективний інструмент для здобуття знань та навичок без прив'язки до місця та часу. У цій роботі ми розглянемо роль та основні елементи дистанційного навчання в сучасному освітньому процесі.

Актуальність досліджень. Дистанційне навчання відкриває доступ до освіти для різних груп людей, незалежно від їхнього місця проживання, соціального статусу чи фізичних можливостей. Воно дозволяє студентам вивчати матеріал у зручний для них час та темп, забезпечуючи гнучкість та індивідуалізацію навчання [2]. Крім того, дистанційне навчання сприяє розвитку цифрових навичок та використанню інноваційних технологій в освіті.

Постановка задачі. Роз'яснити, що таке дистанційне навчання та які основні аспекти воно може включати. Розглянути переваги які надають електронні підручники та матеріали у дистанційному навчанні. Оцінити впливу системи автоматичної оцінки та зворотного зв'язку на покращення якості навчання у дистанційному форматі.

Результати досліджень. Дистанційне навчання в освітньому процесі може включати різноманітні аспекти та інструменти, що дозволяють здійснювати навчання без прямого фізичного контакту між викладачем та студентом [3].

Онлайн платформи для навчання такі як Moodle, Google Classroom та інші, надають учителям та студентам зручний інтерфейс для спілкування, вивчення матеріалу та виконання домашніх завдань [4, 5]. Відео-лекції, відео-матеріали та відеоуроки та навчальні відеоматеріали допомагають студентам краще засвоювати матеріал за допомогою візуальних прикладів та пояснень. Онлайн інтерактивність: відеоконференції, чати та форуми дозволяють студентам спілкуватися з викладачами та один з одним, обговорювати теми та вирішувати завдання.

Електронні підручники та матеріали (цифрові версії підручників, статей, вправ та інших навчальних матеріалів) полегшують доступ до інформації та забезпечують інтерактивні можливості для вивчення [6, 7]. Студенти можуть виконувати завдання, вправи та тести самостійно, розвиваючи навички самодисципліни та відповідальності.

Система автоматичної оцінки та зворотного зв'язку допомагає студентам отримувати відгук та підтримку у процесі навчання.

Організація ресурсів, створення цифрових бібліотек та онлайн ресурсів сприяє зручному доступу до навчальних матеріалів та додаткових ресурсів.

Адаптивність дистанційного навчання може бути налаштована з урахуванням індивідуальних потреб та особливостей кожного студента, забезпечуючи ефективне та персоналізоване навчання.

Висновки. Дистанційне навчання є необхідним елементом сучасної освіти, яке забезпечує доступ до знань та навичок у будь-який час та в будь-якому місці. Використання його елементів дозволяє оптимізувати навчальний процес, забезпечуючи якісне та ефективне навчання для всіх учасників освітнього процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конопляник Л. М. Роль цифрових інструментів при організації дистанційного навчання фахової іноземної мови в умовах пандемії. *Інноваційна педагогіка* : наук. журнал. 2021. Вип. 41, Т. 2. Одеса, Видавничий дім «Гельветика», С. 121–127. URL: https://doi.org/10.32843/2663-6085/2021/41/2.24.

2. Кривонос О. М., Котенко О. Д. Використання цифрових технологій в освітньому процесі. *Наука і техніка сьогодні*. 2023. № 1 (15), С. 161–176. URL: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-1(15)-161-175.

3. Ляхоцька Л. Л. Дистанційне навчання та інформаційно-комунікаційні технології в системі відкритої післядипломної освіти : збірник навчальних матеріалів (робочі навчальні програми, конспекти занять та спецкурсів). Київ: ДЗВО «Ун-т менедж. освіти», 2020. 170 с.

4. Богачков Ю. М., Букач А. В., Ухань П. С. (2020). Комплексне застосування Google Classroom для створення варіативних дистанційних курсів. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2020. Т. 76. № 2. С. 290–303. URL: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3338.

5. Гриценко В., Юстик І. Використання сервісу Google Classroom для управління освітніми процесами. *Portal of scientific conferences Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University*. 2015. URL: https://cusu.edu.ua/en/konferentsii-2014-2015-nr/suchasni-tendentsii-navchannia-fizyky-u-zahalnoosvitnii-ta-vyshchii-shkoli/sektsiia-4/3930-vykorystannya-servisu-google-classroom-dlya-upravlinnya-osvitnimy-protsesamy.

6. Гулай О., Кабак В. Цифрові інструменти GOOGLE як засіб удосконалення освітнього процесу в закладах вищої освіти. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка.* 2023. Т. 1. № 2. С. 14–23. URL: https://doi.org/10.25128/2415-3605.22.2.2.

7. Суржко Т. О., Савик В. М., Молчанов П. О. Комп’ютерне моделювання обладнання системи очистки бурового розчину. *Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп’ютерних технологій* : матеріали ІІІ Всеукраїнської студентської наук.-практ. конф. Кропивницький: Центральноукраїнський національний технічний університет, 2021. С. 134–135.

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИМ НАДВОДНИМ КАТЕРОМ ЯК НОСІЄМ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

Надточій В. А[1]., Бурунін А. П.[2]

1. Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування ім. Макарова

2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Вступ. Одним з перспективних напрямків розвитку засобів морської робототехніки (ЗМР) є розробка і створення безекіпажних надводних суден, які, свою чергу, є носіями надводних, підводних і літаючих морських роботів [1, 2]. Такі судна мають водотоннажність від 5000 до 16000 тон і призначені для проведення океанських досліджень на великих відстанях від берегових центрів керування. Однак, територіальні води України Азовського і Чорного морів (12 миль) та виключна морська економічна зона України (до 200 миль) виключають можливість використання таких безекіпажних суден з-за їх низької економічної ефективності.

Це стимулює розробку і створення малорозмірних безекіпажних надводних суден – безекіпажних катерів, які б мали меншу водотоннажність та відносно малі експлуатаційні витрати і, одночасно, мали б можливість транспортувати і застосовувати за призначенням малорозмірні надводні та підводні апарати, а також безпілотні літаючі апарати коптерного типу.

Актуальність дослідження. Сучасні завдання морської діяльності вітчизняних організацій на морі можна розділити на три великих напрямки:

прикладні наукові дослідження морського середовища, пов’язані вивченням гідрофізичних та гідрохімічних характеристик водного середовища та їх впливу на клімат, природоохоронних робіт, робіт з підводної археології тощо;

промислові роботи на морі, пов’язані з видобуванням енергоносіїв та мінеральної сировини, будівельних матеріалів та харчових продуктів;

роботи, пов’язані з безпекою мореплавства – гуманітарне розмінування акваторій, протидиверсійна робота, захист від проявів морського тероризму та піратства.

Одним з головних напрямків технічного забезпечення розв’язку вказаних завдань є комплексне застосування засобів морської робототехніки різних типів – безекіпажних надводних катерів різних типів, автономних та прив’язних підводних апаратів, а також безпілотних літаючих апаратів коптерного типу.

Тому розробка і створення малорозмірних безекіпажних катерів як носіїв такої техніки є актуальним прикладним науковим завданням.

Постановка задачі. Малорозмірні безекіпажні катери відносяться до засобів морської робототехніки (ЗМР), які на цей час активно розвиваються [3, 4]. Однак, відомості про їх використання у якості носіїв інших типів ЗМР на сьогодні практично відсутні. Однією з головних задач творення такого виду морської техніки є розробка алгоритмічного забезпечення їх функціонування у нормальних та аварійних режимах. Важливість постановки такої задачі обумовлена потребою створення теоретичного підґрунтя для синтезу системи автоматичного керування (САК) малорозмірним безекіпажним катером-носієм (МБКН), яка б забезпечувала його ефективність як мобільної платформи для ЗМР інших типів, що знаходяться на його борту.

Результати досліджень. Розглянемо можливий склад ЗМР, що знаходяться на борту МБКН та функціонування яких має бути забезпечено САК МБКН.

До типових бортових ЗМР належать [5-7]:

– надводні безекіпажні однокорпусні та двохкорпусні човни (НБЧ);

– автономні підводні апарати (АПА)

– самохідні прив’язні підводні апарати (СППА);

– буксирувані підводні апарати (БПА);

– безекіпажні літаючі апарати коптерного типу (БЛА).

Всі вище наведені бортові МБК оснащені пошуковими приладами та апаратурою для проведення досліджень водного середовища та повітряного простору згідно з місією, яку виконує МБКН. Автоматичне керування таким складним морським рухомим об’єктом, як МБКН, висуває жорсткі вимоги для його САК. Алгоритмічне забезпечення є початковою документацією, з якої починається розробка САК МБКН, і містить бібліотеки алгоритмів, які регламентують функціонування всіх його виконавчих механізмів.

Розглянемо типовий варіант узагальненого алгоритму функціонування САК МБКН, який знаходиться у заданій точці моря і забезпечує роботу АПА (див. рис. 1).

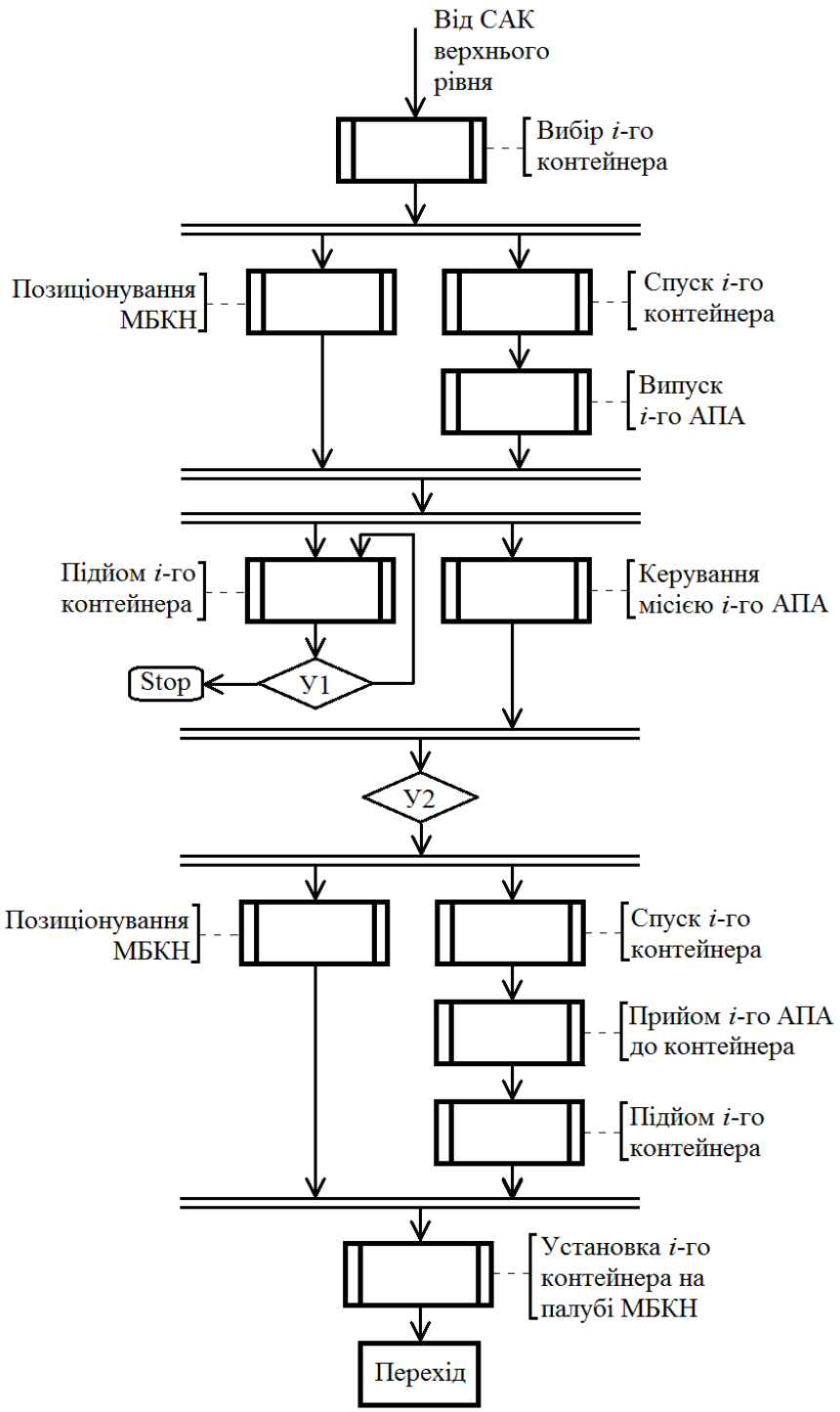


Рисунок 1 – Узагальнений алгоритм функціонування САК МБКН

Узагальнений алгоритм описує керування процесом спуску на воду *i*-го контейнера, в якому знаходиться *i*-й АПА, керування роботою АПА при виконанні підводної місії та поверненням контейнера і АПА на борт МБКН. Зазначимо, що зазвичай бортові ЗМР знаходяться у спеціальних контейнерах на палубі МБКН і опускаються за борт за допомогою спеціального палубного спуско-підйомного пристрою (СПП) маніпуляторного типу. Наведений узагальнений алгоритм описує лише один з режимів роботи МБКН та того палубного обладнання, яке задіяне для спуску/підйому ЗМР.

У загальному випадку, при розробці алгоритмічного забезпечення для МБКН необхідно синтезувати деяку множину базових алгоритмів $A_{\text{МБКН}}$, які охоплюють наступні основні складові САК такими катерами:

– автоматичні навігація, зв'язок та керування рухом МБКН (підмножина алгоритмів A_{NC});

– автоматичне керування електроенергетичною установкою МБКН (підмножина алгоритмів A_{EE});

– автоматичне керування корисним вантажем МБКН – розташованими на його палубі ЗМР різного типу (підмножина алгоритмів A_{P});

– автоматичне керування палубними механізмами МБКН, які використовуються для роботи з ЗМР (підмножина алгоритмів A_{DM}).

Тоді множину $A_{\text{МБКН}}$ можно представити у вигляді відношення:

$$A_{\text{МБКН}} = \{A_{\text{NC}}; A_{\text{EE}}; A_{\text{P}}; A_{\text{DM}}\}. \quad (1)$$

Відношення (1) утворює перелік базових підмножин алгоритмів керування МБКН і може слугувати науково-організаційною основою для розробки алгоритмічного забезпечення як складової синтезу САК МБКН.

Висновки. Отримано множину базових алгоритмів для системи автоматичного керування малорозмірного безекіпажного катера як носія засобів морської робототехніки. Наведено приклад узагальненого алгоритму функціонування системи автоматичного керування такого катера для випадку його знаходження у заданій точці моря і забезпечення роботи автономного підводного апарату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перший у світі авіаносець для безпілотників спущений на воду. https://www.korabel.ru/news/comments/pervyy_v_mire_avianosec_dlya_bespilotnikov_spuschen_na_vodu_2.html.

2. У Південній Кореї запропонували концепцію безпілотних кораблів "Примарний командувач". https://flotprom.ru/2023/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%8F73/.

3. Victor Bolbot, Andrei Sandru, Ture Saarniniemi, Otto Puolakka, Pentti Kujala and Osiris A. Valdez Banda. Small Unmanned Surface Vessels—A Review and Critical Analysis of Relations to Safety and Safety Assurance of Larger Autonomous Ships. Journal of Marine Science and Engineering, 2023, *11*(12), 2387; https://doi.org/10.3390/jmse11122387.

4. Captain Andrew Norris. Legal Issues Relating to Unmanned Maritime Systems. Monograph. https://www.iqpc.com/media/1002182/50661.pdf.

5. Блінцов В. С., Алоба Л. Т., Надточий А. В., Надточій В. А. Основи автоматичного керування групою автономних ненаселених підводних апаратів. Наукова монографія. – Херсон : Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, 2022. – 147 с.

6. Swagat Chutia, Tezpur University, Nayan M. Kakoty. A Review of Underwater Robotics, Navigation, Sensing Techniques and Applications. Conference: the Advances in Robotics, June 2017. DOI:10.1145/3132446.3134872.

7. Review of research and control technology of underwater bionic robots. Review of research and control technology of underwater bionic robots. Intelligent Marine Technology and Systems (2023) 1:7. https://doi.org/10.1007/s44295-023-00010-3.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКАХ

Прачик В. В., Чудненко А. А., Ляшенко О. М.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. В роботі проведено дослідження методів сегментації зображень на супутникових знімках.

Сегментація – це поділ або розбиття зображення на області за схожістю властивостей його точок. Кінцевою метою сегментації є розбиття зображення D на області об'єктів D1, ... , Ds та область фону Dф [1, 2].

Методи сегментації можна поділити на методи розмітки точок та виділення кордонів. Метод розмітки точок ділиться, у свою чергу, на метод порогового обмеження за яскравістю та метод нарощування областей.

Алгоритми сегментації також можна поділити на два типи: засновані на базовій властивості яскравості – розривності; засновані на базовій властивості яскравості – однорідності [1].

У першому випадку зображення розбивається на області на підставі деякої зміни яскравості, наприклад, перепади яскравості на зображенні. У другому випадку використовується розбиття зображення за критеріями однорідності областей. Прикладом першої категорії є порогова обробка чи порогова класифікація, а другого – вирощування областей, злиття і розбиття областей [2].

В роботі для розв’язання завдання сегментації лісових пожеж було застосовано сегментацію першого типу, а саме порогову обробку.

Актуальність досліджень. В останні десятиліття в Україні намітилася стала тенденція зростання кількості надзвичайних ситуацій (НС), до яких можна віднести лісові пожежі.

Для аналізу сучасного стану впливу НС, що викликані лісовими пожежами, в якості прикладу було обрано Івано-Франківщину, зокрема її лісову геосистему.

Івано-Франківщина належить до однієї з найбільш лісистих областей України. Землі лісового фонду області займають площу коло 626 тис. га, лісистість становить близько 45 %. Найбільш поширеними породами є смерека (58.4 %) та бук лісовий (20.5 %). Ялина є основною лісоутворювальною породою лісів Івано-Франківської області України (202 тис. га.), яку можна віднести до особливо пожежонебезпечних порід [3].

Таким чином, дослідження та розроблення сучасних моделей та методів виявлення лісових пожеж на ранніх стадіях їх розвитку є актуальною науково-прикладною задачею.

Постановка задачі. Метою статті є дослідження методів сегментації зображень на супутникових знімках.

Об’єктом дослідження є лісові пожежі.

Предметом дослідження є моделі та методи комп’ютерного зору, зокрема методи сегментації зображень.

Результати досліджень. Порогова сегментація зображень зводиться до задачі сегментації напівтонових зображень. Вибір порога та сегментація на його основі здійснюють перехід від зображення у кольоровому просторі RGB до напівтонового, незважаючи на те, що безпосередньо перед обробкою переведення кольорового зображення в напівтонове немає [1, 2].

Припустимо, що на RGB зображенні необхідно виділити об'єкти, колір яких лежить у певному діапазоні. Завдання сегментації у такому випадку полягає в тому, щоб класифікувати кожен піксель зображення відповідно до того, чи потрапляє його колір у заданий діапазон чи ні. Для цього в колірному просторі вводиться міра подібності, як правило, евклідова відстань.

Евклідова відстань між точками A та B визначається виразом (1) [1,2]:

$$d(A,B) = \|A - B\| = [(A-B)^T(A-B)]^{\frac{1}{2}} = \\ [(A_R - B_R)^2 - (A_G - B_G)^2 + (A_B - B_B)^2]^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

де A_R, A_G, A_B – RGB компоненти вектора A, B_R, B_G, B_B – RGB компоненти вектора B.

Найпоширенішим методом сегментації шляхом порогової обробки є бінарна сегментація, тобто коли у розпорядженні розробника є два типи однорідних ділянок [2].

У цьому випадку зображення обробляється за пікселями та перетворення кожного пікселя вхідного зображення $f_0(x,y)$ у вихідне $f_1(x,y)$ визначається із співвідношення (2):

$$f_1(x,y) = \begin{cases} z_0, \text{якщо} f_0(x,y) \le T \\ z_1, \text{якщо} f_0(x,y) > T, \end{cases} \quad (2)$$

де T – параметр обробки (поріг), z_0 та z_1 – рівні вихідної яскравості.

Обробка по пікселям, положення яких на зображенні не відіграє жодної ролі, називається точковою.

Рівні z_0 та z_1 відіграють роль міток. За ними визначають, до якого типу віднести точку: до H_0 чи H_1. Прийнято вважати, що H_0 складається з фонових точок, а H_1 із точок кристалізації. Як правило, рівні z_0 та z_1 відповідають рівням білого та чорного.

Поріг T - це функція, яку можна описати за допомогою виразу (3) [1,2]:

$$T = T(x, y, l(x,y), f), \quad (3)$$

де f – зображення, $l(x,y)$ – характеристика точки (x,y) зображення, наприклад, середня яскравість в околиці з центром у цій точці.

Для практичної реалізації завдання сегментації лісових пожеж було обрано PyTorch – бібліотеку машинного навчання, що розроблена NEC Laboratories America та New York University. Бібліотека включає широкий вибір алгоритмів машинного навчання та підходить для наукових обчислень.

Оперативне розв’язання завдання супутникового моніторингу лісових пожеж було здійснено за матеріалами мультиспектральних космічних зйомок, отриманих із супутника Landsat 8. Landsat 8 отримує дані, використовуючи два різних сенсори – Operational Land Imager (OLI) та Thermal Infrared Sensor (TIRS), які збирають дані в дев'яти короткохвильових діапазонах та двох довгохвильових теплових діапазонах [3,4].

Приклад супутникового знімку Landsat 8 подано на рис.1. Присутність вогнища горіння визначається наявністю у видимій частині спектра на супутниковому знімку основної ознаки лісових пожеж – димового шлейфу.

Рисунок 1 – Супутниковий знімок Landsat 8 лісової пожежі

На рис. 2 подано результат сегментації лісової пожежі.

Рисунок 2 – Результат сегментації лісової пожежі. Виділення кордонів лісової пожежі

Висновки. Проведено дослідження методів сегментації лісових пожеж. Розв’язано задачу розпізнавання пожеж на супутникових зображеннях на основі методів комп’ютерного зору, включаючи виявлення джерел вогню та диму. Наведено приклад супутникового знімку Landsat 8 Івано-Франківського лісгоспу, на якому присутність вогнища горіння визначається наявністю у видимій частині спектра на супутниковому знімку основної ознаки лісових пожеж – димового шлейфу. Наведено приклад сегментації лісових пожеж за допомогою бібліотеки машинного навчання PyTorch.

ЛІТЕРАТУРА

1. Журавль І. М. Короткий курс теорії обробки зображень. URL: https://hub.exponenta.ru/post/kratkiy-kurs-teorii-obrabotki-izobrazheniy734 (дата звернення: 23.04.2024).

2. Квєтний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софина О. Ю., Шушура О. М. Комп’ютерне моделювання систем та процесів. Методи обробки. Частина 2. URL https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/zm2..htm (дата звернення: 23.04.2024).

3. Прачик В. В., Ляшенко О. М. Розроблення інформаційної системи моніторингу природних катастроф з використанням об'єктно-орієнтованої методології та технології Java SE 11. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки». 32 (71). № 4. 2021. С. 150–156.

4. Головіна Н. В., Ляшенко О. М. Дослідження методів спектрального аналізу зображень для детектування лісових пожеж з використанням технологій обчислювального інтелекту. Вісник ХНТУ. 4(79).2021. С.74.84.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Продащук С. М., Кім К. В., Квасов П. В., Губа Ю. В.
Український державний університет залізничного транспорту
(Україна)

Вступ. Україна є одним з найбільших світових виробників олійних та зернових культур. На сьогоднішній день зернові перевезення складають близько 30% від загального обсягу перевезень вантажів. До війни понад 90% експорту олії та зерна здійснювалися через порти, але зараз можливість вивезення зерна та продуктів його переробки на експорт обмежена в порівнянні з обсягами, які існували до конфлікту.

У зв'язку з нестабільністю, що спричинена повномасштабним вторгненням Росії в Україну, введенням воєнного стану та блокуванням морських шляхів особливо актуальним стає питання експорту продукції агропромислового комплексу. Блокування українських портів та введення воєнного стану призвели до стрімкого зростання цін на продукти сільського господарства на світовому ринку. До початку війни основні обсяги експорту зернових вивозилися через порти Одеси, Миколаїва та Чорноморська. Частіше за все до портів зерно доставлялося залізницею. Однак з початком конфлікту країна-агресор припинила роботу морських портів в Україні, що змусило експортерів здійснювати перенаправлення вантажів через західні сухопутні коридори. Укрзалізниця швидко відреагувала на цю ситуацію і направила вантажопотоки в напрямку західних прикордонних залізничних переходів.

Актуальність досліджень. Залізничним транспортом у 2023 році було перевезено більше 30 млн т зернових вантажів. Зростання становило 177,8 тис. т, або 0,8%. [1]. Показник 2023 року майже на 1,709 тис. тонн перевищує обсяг зернових вантажів, перевезених залізницею у 2022 році. В експортному сполученні у 2023 році перевезено 22,729 млн тонн зерна, що на 178 тис. тонн більше, ніж у 2022 р., в т.ч у напрямку портів – 14,324 млн тонн (–4,9%); до західних прикордонних переходів – 8,405 млн т (+12,2%) [2].

До запровадження в квітні ембарго на імпорт українського зерна сусідніми країнами залізниці перевозили майже 1 млн тонн зернових на місяць. Після введення заборони їх обсяг перевезення скоротився фактично вдвічі. На роботу портів у 2023 році суттєво вплинула невизначеність щодо роботи «зернового коридору».

У 2021 році витрати на перевезення агропродукції становили близько 5–7% від корпоративного бюджету, а у 2022 – 14%. У зв'язку зі збільшенням витрат через війну, аграрії минулого року працювали з втратою. У 2024 році ситуація не покращується, а загострюється, оскільки проблеми, з якими зіткнулися аграрії, призводять до втрати доходів Укрзалізницею [3].

Зараз везти зерно залізницею виявляється дорожче, ніж автотранспортом, іноді у два рази. Це призводить до того, що аграрії все частіше віддають перевагу автоперевезенням, а деякі компанії навіть створюють власні автопарки. Частина виробників взагалі відмовляється від експорту зерна, зосереджуючись на внутрішньому ринку. Вони розпочинають власні переробні лінії і намагаються не лише продавати сировину, а й виробляти готовий продукт. Це призводить до зменшення попиту на залізничні перевезення від аграріїв.

Конфлікт інтересів виник не лише через зростання вартості залізничних перевезень, але й через відсутність необхідної інфраструктури для перевезення зерна за кордон. Перед початком війни зерно експортувалося через порти, тому всі необхідні споруди та устаткування знаходяться там. На кордонах України з Польщею або Румунією відсутні елеватори та устаткування для перевалки зерна, що ускладнює забезпечення належних умов для зберігання агропродукції. Це приводить до того, що велика кількість зерна починає псуватися, не встигаючи виїхати за межі України [3].

Постановка задачі. Тому у сучасних умовах необхідно впроваджувати нові технології роботи та оновлені рішення по переробці зернових вантажів на залізничних станціях або в портах. Згідно з Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року [4], одним з ключових завдань є підвищення ефективності роботи залізничного транспорту при переробці зернових вантажів шляхом удосконалення існуючих технологій та впровадження нових. Це передбачає використання раціонального технічного обладнання і сучасних методів роботи, а також створення нових моделей управління процесами переробки.

На сьогодні снує необхідність в пошуку і впровадженні нових технологій для транспортування зернових продуктів, а також в розробці науково обґрунтованих логістичних рішень з метою мінімізації експлуатаційних витрат. Однією з ключових труднощів є нестача транспортних засобів для ефективного перевезення великих обсягів зернових культур. Це ускладнює організацію ефективних логістичних ланцюгів та породжує затримки у постачанні продукції на експортні ринки. Для подолання цієї проблеми можуть бути розглянуті заходи щодо розширення транспортної інфраструктури та створення додаткових перевізних можливостей. При відсутності зерновозів та інших вагонів у Європі, контейнерні фітингові платформи все ще залишаються. Перевезення зернових вантажів в контейнерах через європейські порти, дасть можливість збільшити обсяг експорту.

Результати досліджень. Для підвищення ефективності експорту зернових вантажів запропоновано використовувати технологію транспортування зернових вантажів в контейнерах. Використання безпосереднього переставлення контейнерів з платформи на автотранспорт та навпаки також прискорить обробку зернових вантажів на станціях переробки. Крім того, важливо вдосконалити діяльність складського комплексу станції для зберігання, завантаження та розвантаження зернових вантажів.

Перевезення зерна і його транспортування у 20-футових контейнерах по всьому світу стає все більш популярним, оскільки цей спосіб транспортування спрощує логістику. Немає потреби зберігати великі об'єми вантажу на складах, а поставки можна робити щотижня. За звичайних умов, контейнери завантажуються вагою 24-27 тонн, проте це залежить від ваги вантажу в порівнянні з вагою контейнера. Оскільки об'єм стандартного 20-футового контейнера становить 33 кубічні метри, але не всі ці 33 кубічні метри будуть заповнені – перед дверима контейнера розміщуються перегородка або металеві прути, які утримують силу закриття. Тому реальний об'єм вантажу складає 30-32 кубометри.

Експорт зерна в контейнерах має свої особливості, які ускладнюють процес перевезення та потребують спеціалізованого обладнання та фахівців. По-перше, треба вибрати чистий контейнер без запахів та пошкоджень, які можуть спричинити псування вантажу. По-друге, необхідно правильно встановити захисні щити у дверний отвір та навантажити контейнер з максимальним використанням його вантажопідйомності. Це дозволить зменшити загальну вартість перевезення зерна. Для довгострокових перевезень зерна морським шляхом потрібні додаткові заходи для забезпечення збереження вантажу, наприклад, рівномірне розміщення силікагелю в контейнері. Майже всі зернові вантажі, такі як кукурудза, сорго, ріпак, ячмінь та соя, які перевозяться у контейнерах, вимагають подібних заходів збереження.

Крім того, важливо звернути увагу на впровадження інноваційних технологій для транспортування зерна. Використання сучасних технологій, таких як автоматизовані системи вантажоперевезення чи моніторингу, може покращити ефективність та безпеку перевезень. Разом з тим, науково обґрунтовані логістичні рішення, спрямовані на оптимізацію маршрутів та витрат, є важливим елементом вдосконалення системи транспортування зернових продуктів.

При виборі раціональної технології роботи транспортно-складських комплексів по переробці зернових вантажів виникає необхідність в визначенні оптимальних параметрів їх роботи. Ефективність і продуктивність роботи транспортно-складських комплексів

залежить від кількості зернокидачів на одному вантажно-розвантажувальному посту для одного транспортного засобу та кількості навантажувальних-розвантажувальних постів в складському комплексі. При розрахунках оптимальної кількості зернокидачів і постів доцільно враховувати співвідношення інтервалів приїзду автомобілів під навантаження або розвантаження і тривалості нормативного часу роботи одного зернокидача. Для визначення оптимальної кількості зернокидачів і постів в складських комплексах запропоновано критерій мінімальних експлуатаційних витрат транспортно-складських комплексів на виконання навантажувально-розвантажувальних і транспортних операцій у зв'язку з простоєм автомобілів під навантажувально-розвантажувальними роботами.

При оптимізації технології роботи транспортно-складського комплексу враховано час простою автотранспорту під навантаженням-розвантаженням, час роботи зернокидачів, час простою зернокидачів і час наднормативного простою автомобілів в очікуванні виконання технологічних операцій понад планового часу виконання робіт, а також витрати на виконання відповідних робіт. Для обґрунтування оптимальних параметрів технології роботи розроблена модель на основі критерію мінімуму витрат. Вибір способу розрахунку оптимальних критеріїв роботи залежить від співвідношення інтервалів приїзду автомобілів с зерном під розвантаження і періоду їх планового обслуговування.

Після моделювання роботи для вихідних умов станції отримано залежність витрат від обраної технології роботи. Результати дослідження цільової функції свідчать про наявність мінімуму, що дозволяє визначати такі параметри технології роботи, тобто кількість зернокидачів, постів та час роботи зерноскладу, які відповідають раціональній технології його роботи.

Встановлено, що при середніх значеннях інтенсивності прибуття транспортних засобів під навантаження-розвантаження (12 од/год), місткості одного транспортного засобу (25 т) та нормативного часу розвантаження (30 хв) необхідно 2 зернокидача для одночасного навантаження-розвантаження автомобілів, усунення черги та підвищення ефективності роботи зерноскладу.

Встановлено, що в разі, коли плановий час навантаження-розвантаження транспортних засобів більше інтервалу їх прибуття, один пункт навантаження розвантаження не буде забезпечувати своєчасне розвантаження прибуваючих до складу. Для ліквідації черги на складському комплексі необхідно використовувати додатковий пункт навантаження-вивантаження також ще з одним зернокидачем. Кількість постів, при яких буде забезпечено відсутність простоїв, складатиме два. А оптимальна кількість розвантажувальних засобів на одному посту складатиме одну одиницю. При двох постах черга на навантаження-розвантаження відсутня, так як інтервал руху транспортних засобів більше планового часу на навантаження-розвантаження.

Висновки. Результати досліджень показують, що додавання на кожен пост по одному зернокидачу забезпечить скорочення часу на виконання навантажувальних-розвантажувальних робіт, а також скоротить час знаходження транспортного засобу під навантажувально-розвантажувальними операціями. З урахуванням залежності витрат від кількості зернокидачів встановлено їх кількість, при якій витрати на роботу і непродуктивні простої в роботі зерноскладу і втрати транспортних організацій будуть мінімальними з двома зернокидачами при роботі 12 год.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зернові посідають перше місце в експортних перевезеннях залізницею 2023 року. URL: https://www.railinsider.com.ua/zernovi-posidayut-pershe-miscze-v-eksportnyh-perevezennyah-zaliznyczeyu-2023-roku/ (дата звернення: 20.04.2024).

2. У 2023 році залізничні перевезення українського зерна перевищили 30 млн тонн. URL: https://www.apk-inform.com/uk/news/1538971 (дата звернення: 20.04.2024).

3. Як розширити можливості для експорту українського зерна. URL: https://www.epravda.com.ua/columns/2023/08/14/703183/ (дата звернення: 20.04.2024).

4. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: розпорядження кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-р#Text (дата звернення: 20.04.2024).

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕОДНОРІНИХ ВАНТАЖІВ

Прокудін Г. С., Прокудін О. Г., Хоботня Т. Г.
Національний транспортний університет
(Україна)

Вступ. Більшість стандартних методів вирішення транспортного завдання (ТЗ) у класичній постановці не враховують три істотні обмеження, які властиві майже всім вантажним перевезенням [1]. Передусім це мережева топологія самих перевезень, яка припускає транспортування вантажу через проміжні вузли, якими можуть бути як постачальники, так і споживачі продукції, а також існуючі реальні обмеження на пропускну здатність транспортних комунікацій і можливість здійснення перевезень декількох видів вантажів, тобто неоднорідних вантажів. Тому особливо актуальним для транспортної галузі в цілому і для окремих автотранспортних підприємств, які безпосередньо зайняті вантажними перевезеннями, є розроблення нових методів оптимізації перевезень неоднорідних вантажів на транспортних мережах (ТМ) з обмеженнями пропускної здатності їх транспортних вузлів і комунікацій шляхів.

Математична постановка ТЗ з обмеженнями пропускної здатності транспортних комунікацій. Математична постановка ТЗ буде мати такий вигляд [2]:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} a_{ik} = \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} b_{jk}, \qquad (1)$$

тобто загальний обсяг l видів вантажу a_i, що відправляються з усіх m пунктів його постачання, дорівнює сумарним потребам в b_j обсягах цих l видів вантажу у всіх n його споживачів;

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} x_{ijk} \le a_{ik}, \quad i = 1, 2, \text{K}\ , m; \quad \sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{k} x_{ijk} x \le b_{jk}, \quad j = 1, 2, \text{K}\ , n; \quad k = 1, 2, \text{K}\ , l, \qquad (2)$$

тобто сума всіх постачань k-го виду вантажу від i-го постачальника не повинна бути більшою, ніж він спроможний відвантажити, а сума всіх постачань k-го виду вантажу j-му споживачу не перевищує його потреб у цьому вантажу;

$$c_{ijk} \ge 0, \qquad x_{ijk} \ge 0, , \qquad (3)$$

тобто питомі витрати c_{ij} на перевезення k-го виду вантажу від i-го постачальника до j-го споживача повинні бути тільки додатними значеннями, як і самі обсяги його постачання;

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} c_{ijk} \cdot x_{ijk} = z \to min, \qquad (4)$$

тобто загальна сума витрат на перевезення k-а видів вантажу повинна бути мінімальною;

$$\sum_{j=1}^{n} d_{ij} \ge \sum_{k=1}^{l} a_{ik}, \quad i = 1, 2, \text{K}\ , m, \quad \sum_{i=1}^{m} d_{ij} \ge \sum_{k=1}^{l} b_{jk}, \quad j = 1, 2, K\ , n, \qquad (5)$$

тобто сума пропускних здатностей всіх транспортних комунікацій, вихідних від i-го постачальника, не повинна бути меншою, ніж він спроможний відвантажити від себе всі k-а видів вантажу, а сума всіх пропускних здатностей транспортних комунікацій, вхідних до j-го споживача, не має бути меншою, ніж він запросив до себе всі k-а видів вантажу; де d_{ij} – пропускна здатність комунікацій, яка існує між i-м постачальником і j-м споживачем цього вантажу;

$$\sum_{k=1}^{l} x_{ijk} \le d_{ij}, \quad i = 1, 2, \text{K}\ , m; \quad j = 1, 2, \text{K}\ , n; \quad k = 1, \text{K}\ , l, \qquad (6)$$

тобто сумарний обсяг всіх k-а видів вантажів, які перевозяться по кожній дузі ТМ не має бути більшим, ніж пропускна здатність відповідної транспортної комунікації.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо на конкретному прикладі застосування наведеної математичної моделі перевезень двох видів вантажу на ТМ з обмеженнями пропускної здатності її транспортних комунікацій [3].

ТМ з трьома постачальниками ($П_i, i=1, 2, 3$) і чотирма споживачами ($C_j, j=1, 2, 3, 4$) двох видів вантажу, обсяги постачань a_i і споживання b_j яких збалансовані і проставлені через косу лінію у відповідних пунктах, як показано на рис. 1. Також через косу лінію на кожної транспортної комунікації проставлені вартості перевезення одиниці кожного двох видів вантажу. Червоним кольором позначені дані про 1-ий вид вантажу, блакитним – про 2-ий від вантажу.

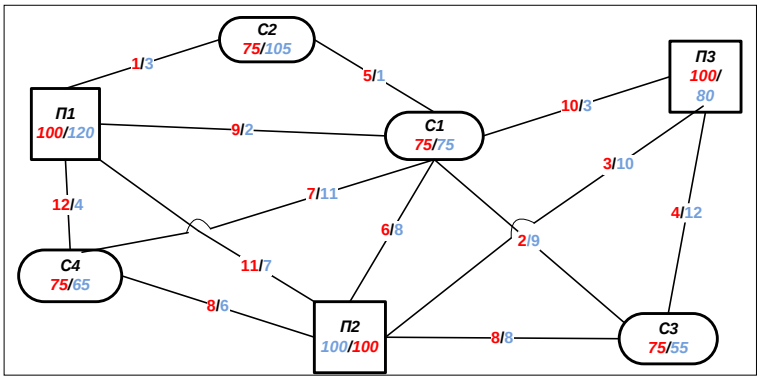


Рисунок 1 – Вихідна ТМ

На рисунку 2 показані результати знаходження у табличному процесорі Excel [4] оптимального плану перевезень двох видів вантажу без обмежень на пропускні здатності транспортних комунікацій ТМ, а на рисунку 3 його представлення на ТМ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		C1	C2	C3	C4	C1_	C2_	C3_	C4_	ai
2	П1	6	1	8	12	99	99	99	99	100
3	П2	6	11	8	8	99	99	99	99	100
4	П3	6	11	4	11	99	99	99	99	100
5	П1_	99	99	99	99	2	3	11	4	120
6	П2_	99	99	99	99	8	9	8	6	100
7	П3_	99	99	99	99	3	4	12	9	80
8	bj	75	75	75	75	75	105	55	65	
9										
10		C1	C2	C3	C4	C1_	C2_	C3_	C4_	ai
11	П1	25	75							100
12	П2	25			75					100
13	П3	25		75						100
14	П1_						100		20	120
15	П2_							55	45	100
16	П3_					75	5			80
17	bj	75	75	75	75	75	105	55	65	
18	2760	450	75	300	600	225	320	440	350	

Рисунок 2 – Результати знаходження у Excel оптимального плану перевезень 2-ох видів вантажу без обмежень на пропускні здатності транспортних комунікацій

На підставі оптимального плану перевезень 2-ох видів вантажу, який представлений на ТМ (див. рис. 3), були складені завантаження двома видами вантажу транспортних комунікацій ТМ, а саме:

П1 - С2	75+25=100
П3 - С3	75+25=100
С4 - П1	20
С1 - С4	0
П3 - П2	0

С2 - С1	**25**+**100**+5=130
С3 - П2	55
П1 - С1	100
С1 - П2	25

С1 - П3	75+5=80
П2 - С4	45+75=120
П1 - П2	0
С1 - С3	**25**

З цих даних видно, що транспортна комунікація С2 – С1 більш всього завантажена. Спробуємо ввести для неї обмеження на пропускну здатність до 120 одиниць вантажу (о.в.).

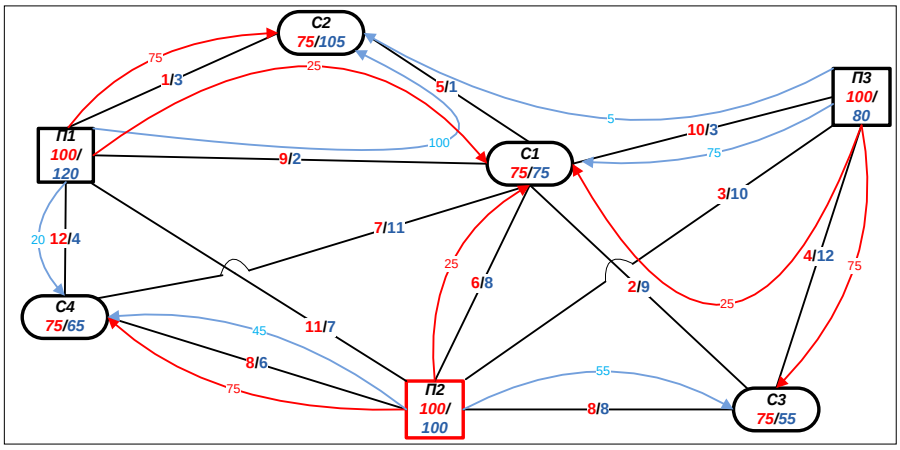


Рисунок 3 – Оптимальний план перевезень 2-ох видів вантажу без обмежень на пропускні здатності транспортних комунікацій ТМ

Для цього були складені по ТМ всі можливі найкоротші маршрути від всіх постачальників $П_1$, $П_2$, $П_3$ до всіх споживачів $С_1$, $С_2$, $С_3$, $С_4$ для кожного з двох видів вантажу, внесені у Excel і обраховані, а саме:

П1	С2	С1		15	15						П1_	С1_			0				
П1	С2			75							П1_	С1_	С2_		100		100		
П1	С2	С1	С3	0							П1_	С1_	С3_		0				
П1	С4			10							П1_	С4_			20				
П2	С1			35							П2_	С1_			0				
П2	С1	С2		0							П2_	С1_	С2_		0		0		
П2	С3			0							П2_	С3_			55				
П2	С4			65							П2_	С4_			45				
П3	С3	С1		25							П3_	С1_			75				
П3	С3	С1	С2	0							П3_	С1_	С2_		5		5		
П3	С3			75							П3_	С3_			0				
П3	П2	С4		0							П3_	С1_	П1_	С4_	0				
					15	0	0	0	C2 - C1							0	105	0	0
								15		120									105

На рисунку 4 показані результати знаходження у табличному процесорі Excel оптимального плану перевезень двох видів вантажу з обмеженням на пропускну здатність транспортної комунікації С2 – С1 до 120 о.в., а на рисунку 5 його представлення на ТМ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		С1	С2	С3	С4	С1_	С2_	С3_	С4_	ai
2	П1	6	1	8	12	99	99	99	99	100
3	П2	6	11	8	8	99	99	99	99	100
4	П3	6	11	4	11	99	99	99	99	100
5	П1_	99	99	99	99	2	3	11	4	120
6	П2_	99	99	99	99	8	9	8	6	100
7	П3_	99	99	99	99	3	4	12	9	80
8	bj	75	75	75	75	75	105	55	65	
9										
10		С1	С2	С3	С4	С1_	С2_	С3_	С4_	ai
11	П1	15	75		10					100
12	П2	35			65					100
13	П3	25		75						100
14	П1_	0	0	0	0		100		20	120
15	П2_	0	0	0	0			55	45	100
16	П3_	0	0	0	0	75	5			80
17	bj	75	75	75	75	75	105	55	65	
18	2800	450	75	300	640	225	320	440	350	

Рисунок 4 – Результати знаходження у Excel оптимального плану перевезень 2-ох видів вантажу з обмеженням на пропускну здатність транспортної комунікації С2 – С1 до 120 о.в.

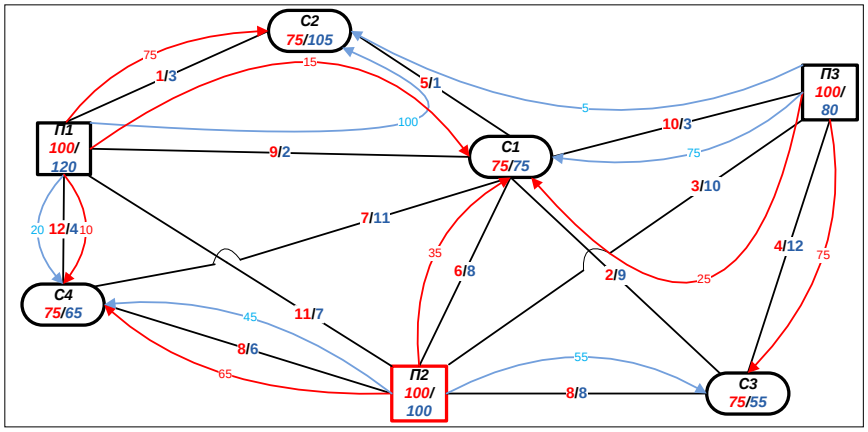


Рисунок 5 – Оптимальний план перевезень 2-ох видів вантажу з обмеженням на пропускну здатність транспортної комунікації С2 – С1 до 120 о.в.

На підставі оптимального плану перевезень 2-ох видів вантажу, який представлений на ТМ (див. рис. 5), були складені завантаження двома видами вантажу транспортних комунікацій ТМ, а саме:

П1 - С2	15+75=90
П3 - С3	**25**+75=100
С4 - П1	20+10=30
С1 - С4	0
П3 - П2	0

С2 - С1	**15**+**100**+**5**=120
С3 - П2	55
П1 - С1	100
С1 - П2	35

С1 - П3	75+5=80
П2 - С4	65+45=110
П1 - П2	0
С1 - С3	25

З цих даних видно, що транспортна комунікація С2 - С1 завантажена до 120 о.в.

Висновки. В роботі розглянуто на конкретному прикладі застосування наведеної математичної моделі перевезень двох видів вантажу на ТМ з обмеженнями на пропускну здатність її транспортних комунікацій. Проведена у середовищі табличного процесора Excel перевірка дала позитивний результат, що є передпосилкою для розробки системи оптимізації перевезень неоднорідних вантажів у середовищі сучасного програмного продукту.

Представлені теоретичні і практичні матеріали використовуються в начальному процесі кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету при підготовці фахівців другого (магістерського) і третього (наукового) рівнів вищої освіти спеціальності 275 – транспортні технології на автомобільному транспорті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій / Ю. П. Зайченко – К.: ЗАТ ‘ВІПОЛ’, 2000. – 688 с.

2. Прокудін Г. С. Теоретичні основи організації вантажних перевезень на транспортних мережах / Г.С. Прокудін, І.О. Ремех // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник, Вип. № 3 (53) : Серія «Технічні науки». – К.: НТУ, 2022. – С. 312–321.

3. Prokudin G. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks / G. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, D. Omarov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. N. 6/3 (84). P. 54-61. (ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2016.85211).

4. Прокудін Г. С. Розв’язання мережевих транспортних задач у середовищі Excel / Г. С. Прокудін, О. А. Чупайленко, О. Г. Прокудін, І. О. Ремех, Т. Г. Хоботня // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: «Технічні науки». Том 31 (70) № 5, 2020, С. 214–219.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБТІКАННЯ РОТОРА ДАР'Є ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Редчиць Д. О.[1], Тарасов С. В.[1], Скосар В. Ю.[1],
Моісеєнко С. В.[2], Акіменко О. В.[1], Заіка В. О.[1]
[1]Інститут транспортних систем і технологій НАН України (Україна)
[2] Херсонський національний технічний університет (Україна)

Вступ. Ефективність роботи вітроенергетичної установки визначається коефіцієнтом використання енергії вітру. Результати експериментальних досліджень свідчать, що високі значення коефіцієнта потужності мають швидкохідні горизонтально-осьові (ГО) ВЕУ пропелерного типу, а також ротори Дар'є з фіксованим і змінним кутом установки лопаті. І при хорошому аеродинамічному проектуванні вертикально-осьові ВЕУ фактично не поступаються широко поширеним ГО ВЕУ пропелерного типу.

Актуальність досліджень. У зв'язку зі створенням вертикально-осьових вітроенергетичних установок останнім часом розпочато комплексне дослідження різних характеристик, пов'язаних з роботою таких установок. Серед них важливе місце займає дослідження фізичних процесів, що відбуваються при роботі ротора ВЕУ. Незважаючи на деякий матеріал, отриманий по роботі вертикально-осьових роторів, їх роботу вивчено недостатньо повно, що пояснюється як складністю фізичних процесів, що відбуваються при обтіканні ротора ВЕУ, так і просто невеликим часом вивчення таких установок. Метою цієї роботи було вивчення структури потоку, що обтікає модель ротора при невеликих значеннях швидкохідності та порівняння з експериментальними даними.

Постановка задачі. Теоретичний аналіз проблеми базується на розв'язку рівнянь Нав'є-Стокса, замкнених диференціальною моделлю турбулентності Спаларта-Аллмараса. У даній роботі виконано чисельне моделювання обтікання трилопатевого ротора Дар'є при наступних параметрах: кутова швидкість обертання – $\omega = 2$ рад/с; швидкість водяного потоку – $U = 0.065$ м/с; кінематична в'язкість води ($t = 15$ ºС) – $\nu = 1.15 \times 10^{-6}$ м^2/с; коефіцієнт швидкохідності – $\lambda=3$; число Рейнольдса $Re = Ub/\nu = 1470$.

Результати досліджень. Після виходу трилопатевого ротора Дар'є на періодичний режим обтікання (період становить 120º) виділено етапи зародження, розвитку, зриву та дисипації вихорів на різних ділянках траєкторії лопаті. При коефіцієнті швидкохідності $\lambda = 3$ динамічний зрив потоку з лопаті ротора Дар'є спостерігається на більшій частині траєкторії. Він характеризується відривом потоку з передньої крайки лопаті та формуванням великих вихрових структур, які зносяться вздовж хорди. Зміна абсолютної швидкості по колу обертання лопаті призводить до більшої області динамічного зриву в тій частині траєкторії, де швидкості лопаті та потоку мають один напрямок. У цій зоні потік, що набігає, зносить вихори в напрямку руху лопаті. На другій половині траєкторії, потік переносить вихори в сторону протилежну руху лопаті. У цьому випадку тривалість динамічного зриву потоку менша, ніж у попередньому.

Основною причиною домінування динамічного зриву вихорів на більшій частині траєкторії лопаті є низьке число Рейнольдса $Re = 1470$, що відповідає початковому етапу переходу від ламінарного режиму обтікання до турбулентного. У результаті проведеного фізичного експерименту отримано миттєві картини обтікання трилопатевого ротора Дар'є. Миттєва картина течії характеризується наявністю системи великих вихорів, які обертаються протилежно один до одного. При коефіцієнті швидкохідності $\lambda = 3$ спостерігається асиметрія між різними ділянками траєкторії лопаті. Вихори, що зійшли з лопатей, які рухаються назустріч потоку, в більшості мають більшу інтенсивність, ніж вихори, що зійшли з лопатей, які рухаються за потоком.

Висновки. В цілому картина течії поблизу ротора Дар'є характеризується істотними нестаціонарними явищами. До них відносяться: динамічний зрив потоку, утворення складної системи вихорів, підвищення рівня турбулентності в затіненій області, взаємодія вихорів різних розмірів, швидкостей руху та інтенсивності з твердими поверхнями роторів ВО ВЕУ. Отримана картина течії якісно узгоджується з наявними експериментальними даними.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПОТОКОМ В СИСТЕМІ РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ

Славич В. П., Савченко М. О.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Серед систем управління світлофорною сигналізацією дорожніх перехресть сучасними є такі системи, які дозволяють змінювати параметри світлофорного циклу в залежності від певних наперед заданих вхідних умов. Розробка та впровадження таких моделей управління регульованими перехрестями та їх окремих елементів є важливим і актуальним завданням, що дозволяє вирішувати певні проблеми дорожнього руху, зокрема пов'язаних із пропускною здатністю перехрестя.

Постановка задачі. Метою даної роботи є створення моделі управління світлофорною сигналізацією, яка могла б змінювати параметри роботи світлофору залежно від фіксованої кількісті автомобілів, які можуть проїхати за час горіння дозволеного сигналу.

Результати досліджень. При розгляді класичного Х-подібного перехрестя та застосуванні до нього дискретної клітинкової моделі, його можна уявити як сукупність клітинок, по яких рухаються автомобілі. Кожна клітинка може перебувати у двох станах: вільній, якщо в ній немає автомобіля, або зайнятій, якщо в ній є автомобіль.

Перехрестя має чотири підходи, на кожному з яких автомобілі прибувають з різною частотою. Встановлено світлофорну сигналізацію, яка працюватиме в класичному режимі з двома фазами.

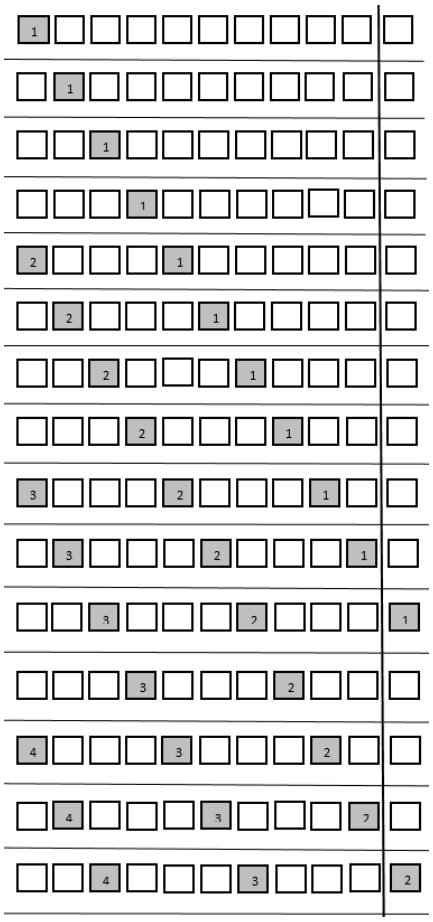


Рисунок 1 – Схема руху транспортних засобів на дозволений сигнал

Визначимо, як довго буде горіти зелений світлофор, залежно від значення параметра k, що відповідає кількості автомобілів, які можуть проїхати за час горіння дозволеного сигналу.

Параметр k буде однаковим для всіх чотирьох підходів перехрестя.

Тоді тривалість світлофорного циклу, при умові, що протягом горіння дозволеного сигналу на будь-якому з чотирьох підходів проїжджатиме не менше k автомобілів, буде знаходитися за допомогою залежності:

$$\mathrm{T_ц}\,(k) = \max[(\mathrm{L_1} + 1) + (k-1)\cdot \mathrm{T_1};(\mathrm{L_3} + 1) + (k-1)\cdot \mathrm{T_3}] +$$

$$+max[(\mathrm{L_2} + 1) + (k-1)\cdot\ \mathrm{T_2};(\mathrm{L_4}{+}1){+}(\mathrm{k}{-}1)\cdot\ \mathrm{T_4}].$$

Висновки. Таким чином, була розроблена модель управління світлофорною сигналізацією, яка може адаптувати параметри роботи світлофору відповідно до заздалегідь встановленої кількості автомобілів, що можуть проїхати за час горіння дозволеного світла на будь-якому з підходів. Це особливо важливо для перехресть, де потрібно встановити обмежену пропускну здатність для одного або всіх підходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаврилов Е. В. Організація дорожнього руху [Текст] / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля. – К.: Знання України, 2007. – 452 с.

2. Єресов В. І. Конфліктні ситуації та безпека руху пішоходів [Текст] / В. І. Єресов, Я. В. Рябець // Безпека дорожнього руху України. Науково-технічний вісник. – 2001. – № 2 (10). – С. 24–30.

3. Левковець П. Р., Сергійчук І. М., Сергійчук А. І. Удосконалення керування рухом автотранспортних засобів. Вісник Національного транспортного університету. 2006. № 11. С. 236–239.

4. Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху / за. заг. ред. В. П. Поліщука; О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін. – К., 2014. – 467 с.

5. Славич В. П., Дербеденєв А. В. Модель функціонування транспортного затору та визначення часу його подолання // Вісник ХНТУ. – 2019. - №2(69). – С. 169 – 173.

6. Славич В. П. Модель визначення довжини черги транспортних засобів при заданих параметрах світлофорного регулювання // Проблеми інформаційних технологій. – 2014. - №02(016). – С.122 – 124.

7. Farzaneh M. Modeling traffic dispersion [Text] / M. Farzaneh, H. Rakha / Virginia Polytechnic Institute and State University. – November 2005. – 139 p.

8. Tubaishat M. Adaptive traffic light control with wireless sensor networks / M. Tubaishat, Y. Shang, H. Shi // Proceedings of IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2007. – P. 187–191.

ВИКОРИСТАННЯ ПІД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ПЛАТФОРМІ АВТОМАТИЗАЦІЇ CODESYS

Тіосса М. В., Поливода В. В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Сучасні суднові системи керування параметрами використовують автоматичне управління [1, 2]. Автоматичне управління процесами передбачає вимірювання системою значень певних параметрів та зміну показників без участі оператора. Ефективним засобом регулювання параметрів системи є пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор (ПІД-регулятор) який приймає інформацію від різних елементів та на основі заданих параметрів і створює керуючий сигнал високої точності [3]. Використання ПІД-регулятора дозволяє підтримувати параметри системи з найменшими коливаннями.

ПІД-регулятор складається з трьох функціональних складових [4]. Пропорційна складова діє на регулюючий орган пропорційно відхиленню регульованої величини від заданого значення. Інтегральна складова виробляє керуючий сигнал який дорівнює інтегралу від розузгодження в часі. Диференційна складова виробляє сигнал що регулює швидкість зміни регульованого параметру. Рівняння ПІД-Регулятора має наступний вигляд:

$$y(t) = y_0 + Kp \cdot e(t) + Ki\int_0^t e(t)dt + Kd\,\frac{de(t)}{dt},$$

де y_0 – значення при нульовій помилці, $e(t)$ – сигнал помилки, Kp – коефіцієнтпропорційності, Ki – коефіцієнт інтегрування, Kd – коефіцієнт диференціювання.

Структура ПІД-регулятора показана на рис. 1. Деякий об'єкт (Plant/Process) має вхід $u(t)$, що дозволяє керувати ним, і датчик, що вимірює реакцію об'єкта $y(t)$ (вихідна змінна). Крім того, на об'єкт діють різні збурювальні фактори. У результаті вихідна змінна може змінюватися навіть при постійному вхідному значенні завдання $y(t)$. Різниця між значенням завдання $r(t)$ (еталонного вхідного сигналу) і вихідної змінної $y(t)$ утворює помилку керування $e(t)$. Задачею регулятора є автоматична зміна вхідного впливу $u(t)$ таким чином, щоб звести наслідки збурень до мінімуму.

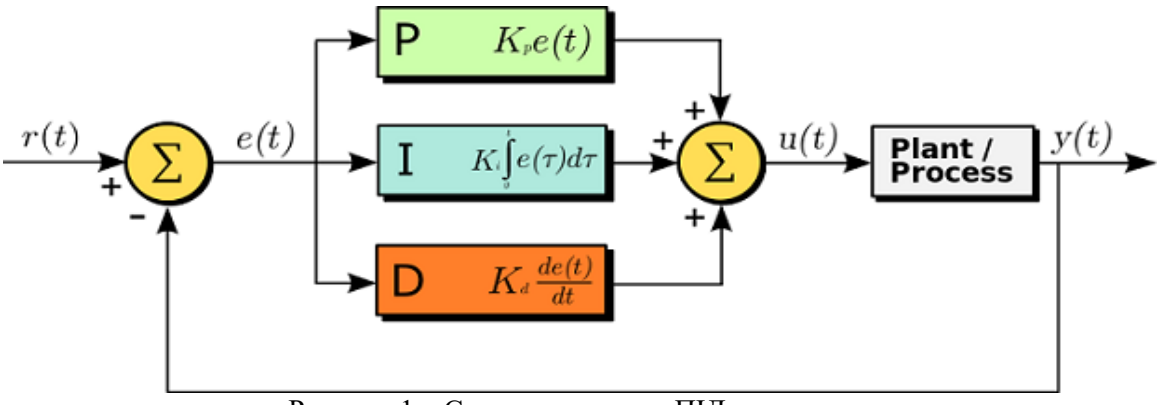


Рисунок 1 – Структурна схема ПІД-регулятора

Актуальність досліджень. Використання ПІД-регулятора для контролю температури в нагрівальних пристроях дозволяє збільшити їх ефективність та час служби за рахунок автоматичного регулювання потужності. Використання платформи

автоматизації CODESYS дозволяє легко створювати регулятори та налаштовувати їх на потрібні параметри

Постановка задачі. Виконати дослідження можливості використання ПІД-регулятора для моделювання електронагрівальних пристроїв на платформі CODESYS.

Результати досліджень. Дослідження використання ПІД-регулятора для моделювання контролю електронагрівальних пристроїв на платформі автоматизації CODESYS виконано за допомогою безперервних функціональних схем Continuous Function Chart (CFC).

Для реалізації регулятора необхідна бібліотека UTIL.lib в якій міститься необхідний функціональний блок ПІД-регулятора [5].

Інтерфейс функціонального блоку ПІД-регулятора (рис. 2) визначається наступними входами і виходами:

– SET_POINT – завдання регулювання;
– ACTUAL – сигнал зворотнього зв'язку;
– KP – пропорційний коефіцієнт Kp ;
– TN – постійна інтегрування Ki ;
– TV – постійна деференцювання Kd ;
– Y_Min – уставка мінімальної температури;
– Y_Max – уставка максимальної температури;
– MANUAL – сигнал увімкнення режиму ручного керування;
– Y_MANUAL – сигнал керування в ручному режимі;
– RESET – сигнал скидання;
– Y_OFFSET – стаціонарне значення;
– Y – вихідний сигнал керування;
– LIMITS_ACTIVE – сигнал досягнення максимального або мінімального значення;
– OVERFLOW – сигнал внутрішньої помилки контролера.

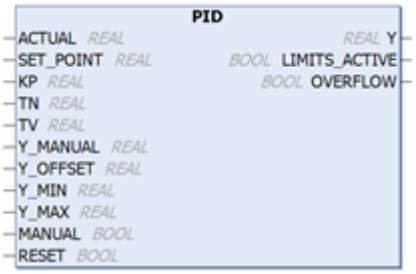


Рисунок 2 – Блок ПІД-регулятора

Після вибору блоку необхідно записати вихідні данні як зазначено на рис. 3.

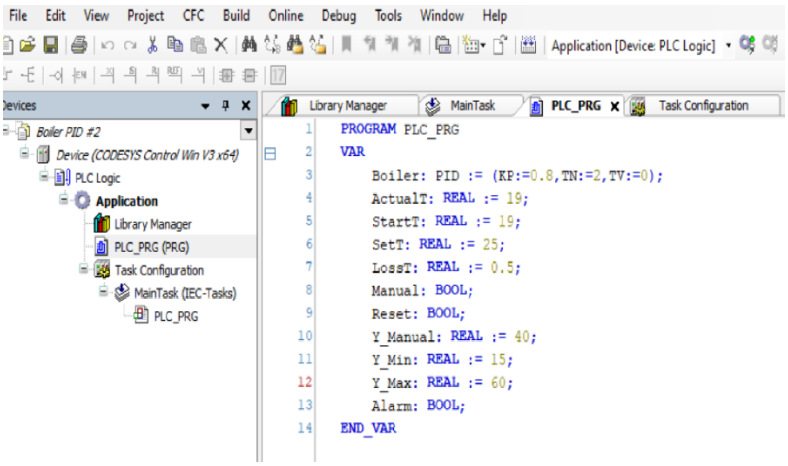


Рисунок 3 – Вихідні данні для побудови ПІД-регулятора

CFC схема моделювання електронагрівального пристрою (бойлера) наведена на рис. 4. ПІД-регулятор отримує інформацію про температуру через вхід «ACTUAL» у вигляді значення типу «REAL». Після цього контролер порівнює значення «ACTUAL» зі значенням «SET_POINT». Якщо значення температури та завдання відрізняються, контролер автоматично починає змінювати сигнал «Y» щоб повернути керовану величину до необхідного значення.

Блок «SUB» призначений для компенсації зовнішнього збурення, наприклад компенсацію втрату температури при остиганні.

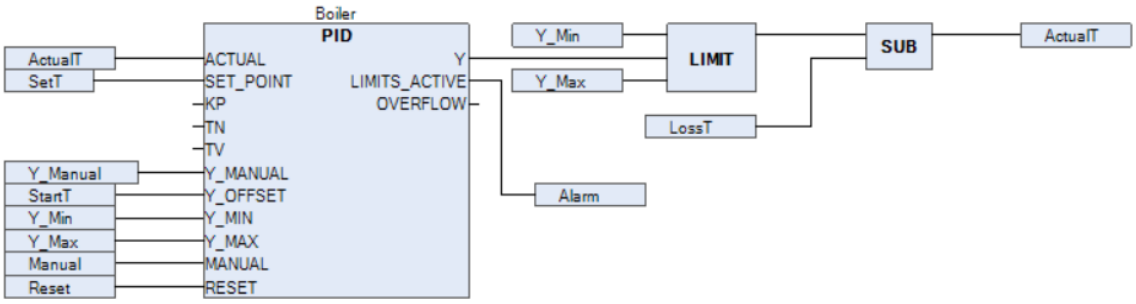


Рисунок 4 – CFC схема моделювання електронагрівального пристрою на платформі автоматизації CODESYS

Якщо сигнал керування виходить за границі уставок «Y_Min» або «Y_Max», контролер зупиняє керування на найбільшому допустимому значенні та видає сигнал «LIMITS_ACTIVE» на вхід додаткового блоку «Alarm» який інформує оператора про вихід за границі керування (рис. 5).

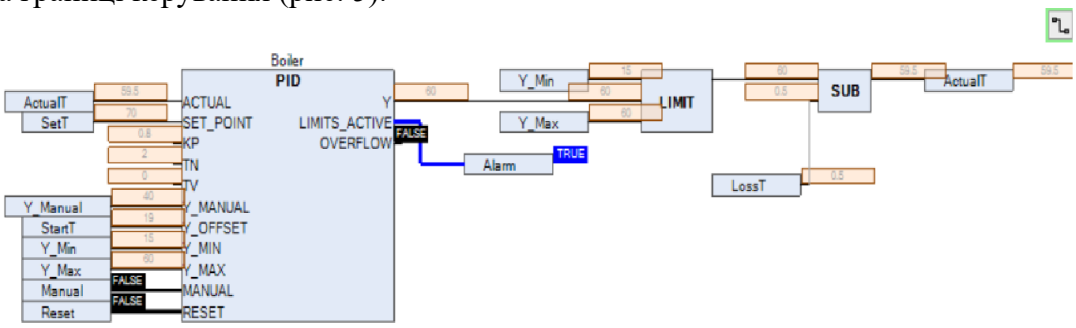


Рисунок 5 – Модель системи в робочому стані

Контролер має функцію ручного керування. Для ввімкнення цього режиму необхідно змінити значення «MANUAL» з FALSE на REAL. Це можна здійснити за допомогою звичайної кнопки. Після того як контролер перейшов в режим ручного керування, можливо змінювати вихідну величину самостійно. Для цього на вхід «Y_MANUAL» подається необхідна величина, в свою чергу контролер повторює цю величину на виході. При використанні ручного режиму внутрішні границі «Y_Min» та «Y_Max» не враховуються. Для запобігання перенавантаження нагрівального елементу через помилку оператора на виході ПІД-регулятора встановлено додатковий блок «LIMIT» який повторно перевіряє вихідний сигнал.

Якщо в ручному режимі вихід ПІД-регулятора виходить за границі уставок «Y_Min» або «Y_Max», то на виході з блоку «LIMIT» буде максимальне або мінімальне значення прописане в уставках, незалежно від команди оператора.

Висновок. В результаті дослідження було показано використання ПІД-регулятора для моделювання електронагрівальних пристроїв на платформі CODESYS за допомогою безперервних функціональних схем CFC.

Розроблена система може бути вдосконалена за рахунок введення в схему блоку керування автоматичного клапана для регулювання кількості пари для використання в системах автоматизації інших нагрівальних пристроях, наприклад, в парових нагрівачах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. https://shipregister.ua/.

2. Encyclopedia of Marine and Energy Technology. Marine Boiler. [Online] URL: https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/boiler. Last accessed: 19.04.2024.

3. Голіков С. П. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. Частина 1. Суднові електричні станції. Голіков С. П., Чорний С. Г., Жук Д. О., Івановський М. В.: Навч. пос. – К.: Кондор-Видавництво, 2013. – 198 с.

4. Проектування систем автоматизації на платформі CODESYS: навч. посіб. / В. В. По-ливода, О. В. Поливода. – Херсон: ХДМА, 2023. – 248 с. ISBN 978-966-2245-78-3.

5. Polyvoda Vladyslav, Polyvoda Oksana. Engineering of Virtual Training Simulators Using CODESYS Automation Platform. International Scientific-Practical Conference «Development Of Social And Engineering Innovation In Maritime Education And Training To Ensure Shipping Safety», 23 March 2023. – Klaipeda: Lithuanian Maritime Academy. – pp. 93-97.

ПІДХІД ДО ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД НА ОСНОВІ ФРЕЙМВОРКУ OPENSTREETMAP

Тригуба А. М.[1], Демчина В. Р.[2]
[1]Львівський національний університет природокристування (Україна)
[2]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Україна)

Вступ. Важливою умовою інвестиційної привабливості країни є розвиток її транспортної інфраструктури. Транспортний потенціал України є не вичерпним, але на превеликий жаль війна з росією стали серйозним викликом для транспортної інфраструктури. В роботі пропонується підхід який базується на моделюванні оцінення стану населених пунктів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, яка ґрунтується на вивченні пропускної спроможності доріг із використанням фреймворку OpenStreetMap.

Актуальність досліджень. Дослідження впливу проектного середовища на специфіку проектів промислового та регіонального розвитку є досить актуальним науково-прикладним завданням, яке потребує розробки специфічного інструментарію [1–2]. На особливу увагу заслуговують проекти розвитку транспортної інфраструктури. Транспортна інфраструктура окремих населених пунктів є актуальною та динамічною сферою досліджень. Низка наукових праць надає цінні знання та рекомендації щодо планування та реалізації таких проектів [3–4].

Постановка задачі. Збір даних про характеристики об’єктів транспортної інфраструктури під час реалізації проектів їх розвитку у післявоєнний період виконано на основі розробленої нами моделі архітектури системи збору даних, яка представлена. На першому етапі ми визначилися із населеними пунктами, для яких виконуватимемо збір даних про характеристики об’єктів транспортної інфраструктури. Для нашого дослідження обрано населені пункти, об’єкти транспортної інфраструктури яких пошкоджені із-за військової агресії росії. Вибір населених пунктів виконували за критерієм чисельності населення, на яке була розрахована транспортна інфраструктура до початку війни. Після припинення бойових дій у населених пунктах виникне потреба ініціації та реалізації проектів відновлення об’єктів O_{ki} транспортної інфраструктури. Для збору даних про характеристики об’єктів транспортної інфраструктури нами використано фреймворк OpenStreetMap (OSM), що забезпечує отримання просторових даних, які характеризують об’єкти транспортної інфраструктури (рис. 1).

	geometry	bbox_north	bbox_south	bbox_east	bbox_west	place_id	osm_type	osm_id	lat	lon	class	type	place_rank	importance
0	POLYGON ((34.50901 48.44168, 34.53553 48.43989...	48.473065	48.268843	34.913960	34.509011	203318244	relation	12616004	48.371940	34.716495	boundary	administrative	14	0.400010
1	POLYGON ((36.42894 49.51988, 36.42898 49.51806...	49.598787	49.378436	36.825654	36.428939	203950295	relation	11815194	49.488041	36.614400	boundary	administrative	14	0.400010
2	MULTIPOLYGON (((34.69106 50.93782, 34.69191 50...	51.069862	50.836850	35.043795	34.691057	203412191	relation	10553891	50.952017	34.867512	boundary	administrative	14	0.400010
3	POLYGON ((36.42894 49.51988,	49.598787	49.378436	36.825654	36.428939	203950295	relation	11815194	49.488041	36.614400	boundary	administrative	14	0.400010

Рисунок 1 – Фрагмент отриманих даних з API-інтерфейсів фреймворку OpenStreetMap

Результати досліджень. Зокрема, нами отримано дані за 17 атрибутами, які характеризують об’єкти O_{ki} транспортної інфраструктури населених пунктів. За отриманими даними написано програмне забезпечення на мові Python, що дало можливість для кожного із вибраних населених пунктів провести аналіз географічних

характеристик обраної території та виконати їх візуалізацію. Отримані результати візуалізації характеристик мережі доріг покажемо на прикладі м. Бахмут (Донецька обл., Україна) (рис. 2).

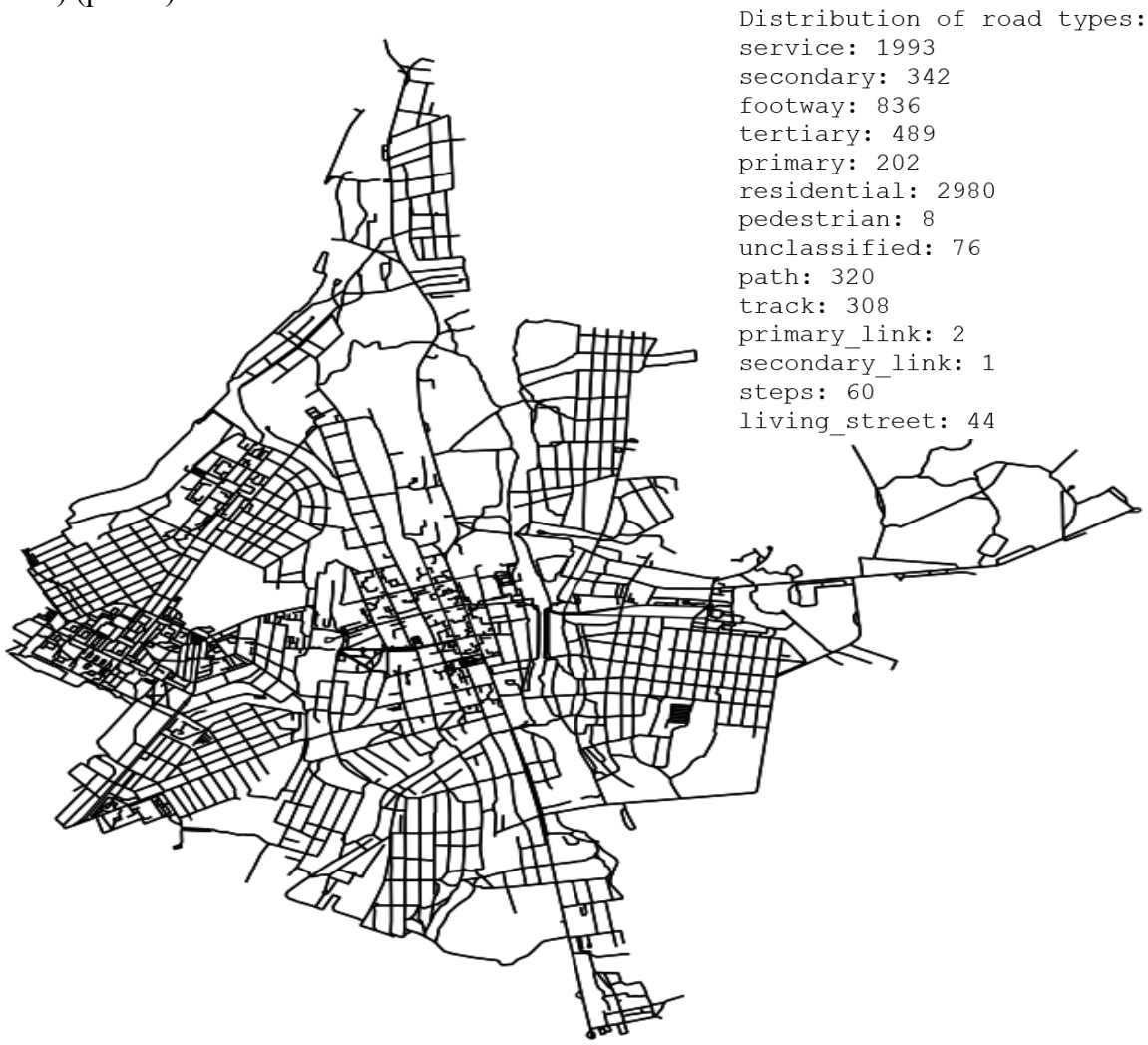


Рисунок 2 – Результати візуалізації характеристик мережі доріг та їх типів для м. Бахмут Донецької області (Україна)

Встановлено, що тип доріг «service» становить значну частку (26.77%) серед усіх доріг в місті Бахмут. Дороги цього типу, зазвичай, призначені для обслуговування інших об'єктів, таких як промислові підприємства, торгові центри, аеропорти тощо. Тип доріг «residential» займає найбільший відсоток (40.04%) серед усіх видів доріг. Вони призначені для житлових кварталів і зазвичай мають обмежену пропускну здатність. Дороги типу «footway» призначені для пішоходів і становлять 11.24% від усіх видів доріг міста Бахмут. До них належать тротуари, доріжки для прогулянок або велосипедні доріжки. Дороги третього рівня «tertiary» (6.57%), як правило, з’єднують міські райони з більш великими дорогами і можуть мати середню пропускну здатність. Такий тип доріг, як «secondary» (4.60%) відіграє роль важливих артерій у місті, забезпечуючи зв'язок між різними районами. Дороги першого рівня «primary», яких у місті Бахмут є 2.72% є ключовими магістральними артеріями, що з'єднують місто з іншими важливими місцями. Інші види доріг, такі як пішохідні зони, невеликі вулички, стежки та інші, займають меншу частку (менше 2%) в загальній мережі доріг міста.

На підставі створеного програмного модуля на мові Python, який забезпечує обробку просторових даних, нами побудовано залежності характеристик проектного середовища проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період. Це

забезпечує отримання характеристик об'єктів O_{ki} транспортної інфраструктури досліджуваних населених пунктів, які є основою ініціації та планування проектів їх відновлення та розвитку у післявоєнний період (рис. 3).

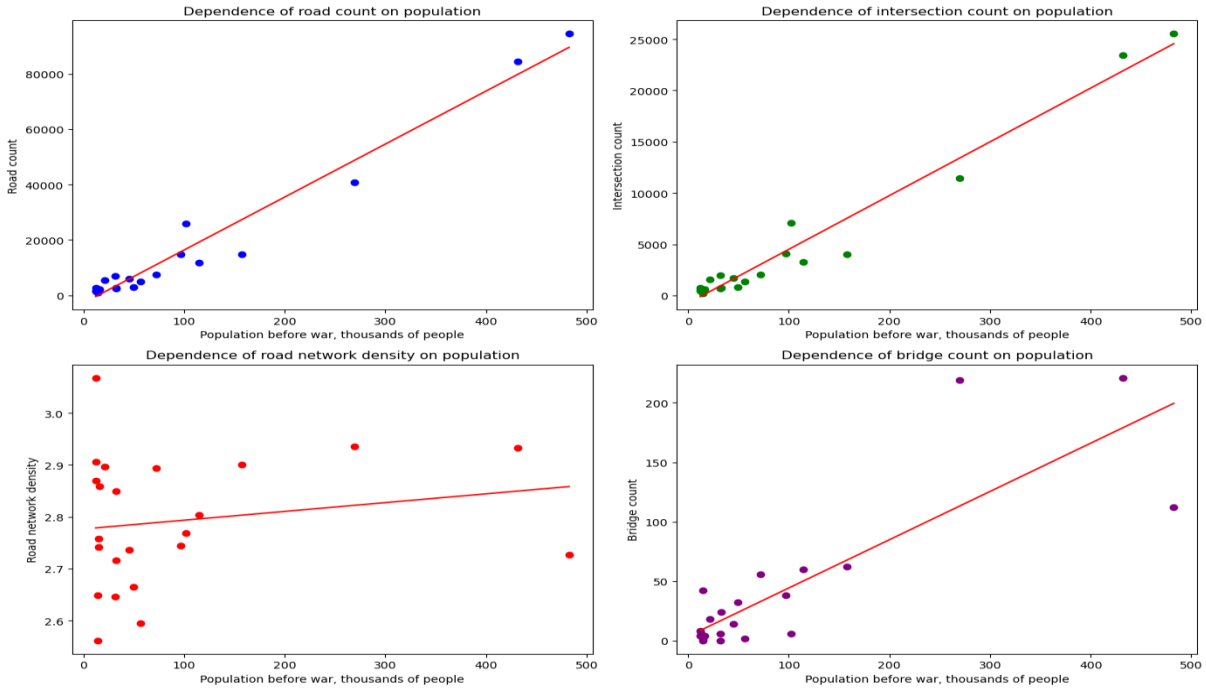


Рисунок 3 – Залежності характеристик проектного середовища проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період

Отримані залежності (рис. 3) характеристик проектного середовища проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період описуються рівняннями:

- Road count

$$R_c = 191.32 \cdot P_{bw} - 2784.69,\ R = 0.98, \quad (1)$$

- Intersection count

$$I_c = 52.44 \cdot P_{bw} - 747.58,\ R = 0.98, \quad (2)$$

- Road network density

$$R_{nd} = 0.03 \cdot P_{bw} + 2.78,\ R = 0.2, \quad (3)$$

- Bridge count

$$B_c = 0.41 \cdot P_{bw} + 3.64,\ R = 0.84, \quad (4)$$

Отримана залежність кількості доріг від чисельності жителів міст вказує на те, що зі збільшенням чисельності жителів на 1 тис. осіб кількість доріг зростатиме в середньому на 191.32. Коефіцієнт кореляції при цьому становить 0.98, що вказує на сильну лінійну залежність між цими двома змінними. Залежність кількості перехресть від чисельності жителів міст вказує показує, що зі збільшенням чисельності жителів на 1 тис. осіб кількість перехресть зростатиме в середньому на 52.44. Коефіцієнт кореляції при цьому становить 0.98, що вказує на сильну лінійну залежність.

Встановлено, що густина мережі доріг (Road network density), має низький коефіцієнт кореляції (0.2). Це свідчить про те, що чисельність жителів майже не впливає на густину мережі доріг. Це може бути пояснено тим, що існуюча дорожня інфраструктура може бути залежною від інших факторів, таких як територіальне планування, економічний розвиток, інфраструктурні ініціативи та інші чинники, що не пов'язані безпосередньо з чисельністю населення.

Щодо кількості мостів (Bridge count), то бачимо помірну лінійну залежність з коефіцієнтом кореляції 0.84. Це свідчить про те, що зі збільшенням чисельності жителів може збільшуватися потреба у будівництві мостів для забезпечення зв'язку між різними частинами міста або регіону. Однак існує ймовірність, що інші фактори, такі як географічні особливості, розташування річок та озер, можуть також впливати на кількість мостів, незалежно від чисельності населення.

Отже, отримані результати можуть бути корисними при плануванні транспортних інфраструктурних проектів, але слід також враховувати інші фактори, які можуть впливати на розвиток і планування інфраструктури, на додаток до чисельності населення. Отримані знання про кількість та місця розташування перехресть допоможе визначити території, де необхідно провести реконструкцію або модернізацію транспортної інфраструктури. Аналіз центральності вулиць допоможе визначити маршрути, які потребують розширення або покращення, щоб забезпечити ефективний рух транспорту. Це може включати створення нових об'їзних шляхів, розширення доріг або покращення зав'язків між вулицями. Це лежить в основі виконання процесів ініціації проектів розвитку транспортної інфраструктури міст. Аналіз центральності допоможе визначити основні зони міста, де необхідно зосередити ресурси і кошти для досягнення максимальної цінності в умовах обмежених ресурсів у післявоєнний період.

Висновоки. Вцілому встановлено, що запропонована модель системи збору даних про характеристики об'єктів транспортної інфраструктури, яка передбачає отримання даних з API-інтерфейсів фреймворку OpenStreetMap, є основою виконання управлінських процесів аналізу об'єктів O_{ki} транспортної інфраструктури заданих населених пунктів. Це стосується аналізу доступності дорожньої мережі для транспортних перевезень, її стану та доцільності розвитку завдяки реалізації відповідних проектів. Для отримання просторових, часових та соціальних даних щодо об'єктів O_{ki} транспортної інфраструктури заданих населених пунктів слід використовувати серверне програмне забезпечення Overpass API, що дає можливість виконувати складні запити до даних, які можна отримати із фрейворку OpenStreetMap.

Подальші дослідження слід проводити у напрямі розробки інформаційної системи для ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури заданої адміністративної території (населеного пункту, району населеного пункту, громади тощо). Вона базуватиметься на розробленій моделі системі збору даних про характеристики проектного середовища проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період. Це забезпечить пришвидшення прийняття управлінських рішень щодо аналізу стану проектного середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Tatomyr A. Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3109, p. 44–52.

2. Hridin O., Slavina N., Mushenyk I., Dobrovolska E. Managerial decisions in logistic systems of milk provision on variable production conditions. *Independent Journal of Management & Production*. 2020, 11 (8), p.783–800.

3. Тригуба А., Кондисюк І., Коваль Н. Формування портфелів гібридних проєктів автотранспортних підприємств. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами* : зб. наук. праць – Харків : НТУ "ХПІ", 2021, № 2 (4), с. 67–72.

4. Тригуба А., Кондисюк І., Коваль Н., Тригуба І., Боярчук Ок., Боярчук Ол. Планування часу виконання робіт у гібридних проєктах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами* : зб. наук. праць Харків : НТУ "ХПІ", 2022. № 2 (6). с. 64–71.

МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ З ЕТАЛОННОЮ МОДЕЛЛЮ ТА ЧАСТОТНО КЕРОВАНИМ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ СУДНОВОГО ПІДРУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ

Хлопенко М. Я.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Суднові підрулюючі пристрої (ПП) тунельного типу з асинхронним електродвигуном (АД), зубчастою конічною передачею та гвинтом фіксованого кроку є найбільш відповідальними пристроями, що забезпечують утримання судна при русі по заданій фазовій траєкторії. Тому до ефективності їх роботи пред'являються підвищені вимоги що до відхилення фазових координат судна від цієї траєкторії.

Сучасні ПП не в повній міри задовольняють цим вимогам у зв'язку з відхиленнями робочих параметрів АД від номінальних значень. Ці відхилення параметрів обумовлені виникаючими при експлуатації пристрою різного виду параметричних невизначеностей. До них відноситься момент інерції гвинта з приєднаним моментом інерції маси води, що досягає 25…40% від моменту інерції матеріалу гвинта, а також невідомі постійні моменти інерції зубчастої передачі з горизонтальним та вертикальним валами, муфти з'єднання ротора АД з вертикальним валом та диску упорного підшипника, що не перевищують 25…35% від осьового моменту інерції ротора двигуна.

Актуальність досліджень. Особливо гостро проблема впливу невизначеностей моментів інерції гвинта з приєднаною масою води, зубчастої передачі, її валів, муфти та упорного диску на якість функціювання АД проявляється на пусковому режимі роботи, як найбільш тяжкому серед інших режимів його експлуатації. Цей рижим породжує такі невизначеності АД, як крутний момент та кутова швидкість його ротора при функціюванні ПП. Тому компенсація цих невизначеностей на пускових режимах є найбільш доцільна. Вона звичайно здійснюється за рахунок автоматизації адаптивної безпошукової самонастроювальної системи керування з еталонною моделлю, яку отримують в процесі математичного моделювання. Цей підхід в даній роботі також застосовується для моделювання автоматичної самонастроювальної системи керування з еталонною моделлю частотно регульованого асинхронного електроприводу суднового ПП тунельного типу з параметричною невизначеністю осьового моменту інерції гребного гвинта фіксованого кроку з приєднаною масою води та моментів інерції валів, зубчастої передачі, муфти та диску упорного підшипника, що приводяться в рух від АД. Завдяки такій автоматичній системі очікується забезпечення підтримки номінальних значень фазових координат кутової швидкості ротора, крутного моменту, швидкості обертання магнітного поля асинхронної машини та керуючого впливу при завданні невизначеностей ПП в достатньо широких границях. Також слід зауважити, що наявність адаптивного частотного керування дозволяє підвищити швидкодію ПП.

Ціллю роботи є моделювання адаптивної системи з еталонною моделлю та частотно керованим АД суднового підрулюючого пристрою з гребним гвинтом фіксованого кроку і спостерігачем стану для визначення оцінок фазових координат, що утворюють зворотний зв'язок керування адаптивним процесом.

Теоретичною основою для моделювання адаптивної самонастроювальної автоматичної системи керування з еталонною моделлю служили метод простору стану [1] та другий метод функцій Ляпунова. Задача керування полягала в виконанні двох умов. Перша з них заключалася в компенсації параметричної невизначеності моментів інерції гвинта з приєднаною масою води та деталей, що приводяться в рух електродвигуном, при забезпеченні збіжності оцінок фазових координат об'єкта і еталонної моделі на нескінченому відрізку часу, а друга – в забезпеченні слідкування вихідної координати

об’єкта за виходом еталонної моделі. За виконанням першої з цих умов та із застосуванням методу Ляпунова знайдено, як і в роботі [2], алгоритм адаптації. На його основі встановлений зворотній функціональний зв’язок між виходом об’єкта та входом системи, що замикається через адаптивний процес. Виконання другої умови здійснювалося в процесі спостереження за кривими перехідних процесів фазових координат еталонної моделі і оцінок фазових координат, отриманих спостерігачем в процесі параметризації об’єкта [2]. За цими кривими виконувалася настройка адаптивної системи на високу точність збіжності оцінок фазових координат об’єкта до координат еталонної моделі. Структурна схема системи та розрахунки перехідних процесів фазових координат та їх оцінок здійснювалися в пакеті Simulink. Аналіз ефективності досліджень проводився за отриманими кривими цих координат.

Постановка задачі. Математичний опис об’єкта і еталонної моделі надається в просторі станів. Асинхронний електропривод, як об’єкт керування, описується по аналогії з роботою [3] трьома диференціальними рівняннями в нормальній операторній формі:

$$\begin{aligned} px_1 &= \frac{M_{\text{n}}}{J\omega_{\text{n}}}x_2 - \frac{2M_{\text{n}}}{J\omega_{\text{n}}}x_1; \\ px_2 &= 2z_{\text{p}}M_{\text{cr}}\left(\frac{\omega_{0\text{n}}}{M_{\text{n}}}x_3 - \frac{1}{\beta}x_2 - \frac{\omega_{0\text{n}}}{M_{\text{n}}}x_1\right); \\ px_3 &= -\frac{1}{T_{\text{fc}}}x_3 + \frac{K_{\text{fc}}}{T_{\text{fc}}K_{\text{fc n}}}u. \end{aligned} \tag{1}$$

де

$$\beta = \frac{2M_{\text{cr}}}{\omega_{0\text{n}}s_{\text{cr}}};\ T_{\text{e}} = \frac{1}{z_{\text{p}}\omega_{0\text{n}}s_{\text{cr}}};$$

p – оператор Лапласа; $x_1 = \omega/\omega_{\text{n}}$; $x_2 = M/M_{\text{n}}$; $x_3 = \omega_0/\omega_{0\text{n}}$ – безрозмірні фазові координати; $u = \frac{U}{U_{\text{n}}}$ – безрозмірний керуючий вплив; ω, ω_0 – відповідно кутова швидкість ротора і магнітного поля, що обертається відносно статора; U – керуючий вплив; M, M_{cr}, s_{cr} – відповідно електромагнітний, критичний моменти та критичне ковзання двигуна; β – жорсткість лінеаризованої механічної характеристики АД; T_{e} – еквівалентна електромагнітна постійна часу двигуна; K_{fc}, T_{fc} – відповідно коефіцієнт передачі та постійна часу частотного перетворювача; z_{p} – кількість пар полюсів; J – відповідно приведений до осі ротора двигуна момент інерції усіх мас, що обертаються двигуном; n – індекс номінальних величин.

Зауважимо, що записані рівняння (1) лінеаризовані відносно робочої точки статичної механічної характеристики асинхронного двигуна, причому у першому з них приведений до осі ротора АД момент опору гвинта (другій доданок справа) отримано за умові, що навантаження на гвинт змінюється за квадратичним законом від його частоти обертання.

Представимо рівняння (1) в канонічній керованій формі Луенбергера [1]:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu; \\ y &= Cx, \end{aligned} \tag{2}$$

де

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix};\ A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -a_3 & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix};\ B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix};\ C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$a_1 = a_{11} + a_{22} + a_{33};\ a_2 = a_{11}a_{22} + a_{21}a_{12} + a_{11}a_{33} + a_{22}a_{33};\ a_3 = a_{33}(a_{11}a_{22} + a_{12}a_{21});$$

$$a_{11}=\frac{2M_{\text{n}}}{J\omega_{\text{n}}};\ a_{12}=\frac{M_{\text{n}}}{J\omega_{\text{n}}};\ a_{21}=2z_{\text{p}}M_{\text{cr}}\frac{\omega_{\text{n}}}{M_{\text{n}}};\ a_{22}=2z_{\text{p}}\frac{M_{\text{cr}}}{\beta};\ a_{23}=2z_{\text{p}}M_{\text{cr}}\frac{\omega_{0\text{n}}}{M_{\text{n}}};\ a_{33}=\frac{1}{T_{\text{fc}}};$$

x – вектор фазових координат x_1, x_2, x_3; y – вектор виходу об'єкта. Точка над вектором x означає похідну за часом.

Для еталонної моделі значення параметрів a_1, a_2, a_3 вважаємо рівними номінальним значенням об'єкта. З урахуванням цього запишемо канонічні рівняння моделі в спостережуваній формі Луенбергера [1]:

$$\begin{aligned}\dot{x}_{\text{м}} &= A_{\text{м}}x_{\text{м}} + B_{\text{м}}g;\\ y_{\text{м}} &= C_{\text{м}}x_{\text{м}},\end{aligned} \tag{3}$$

де

$$x_{\text{м}}=\begin{bmatrix}x_{1\text{м}}\\ x_{2\text{м}}\\ x_{3\text{м}}\end{bmatrix};\ A_{\text{м}}=\begin{bmatrix}-a_{1\text{n}} & 1 & 0\\ -a_{2\text{n}} & 0 & 1\\ -a_{3\text{n}} & 0 & 0\end{bmatrix};\ C_{\text{м}}=I=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix};\ B_{\text{м}}=B;$$

м – індекс моделі ; $y_{\text{м}}$ – вихід моделі; g – керуючий вплив.

Вектор похибки слідкування об'єкта за еталонною моделлю запишемо у вигляді

$$e(t)=x_{\text{м}}(t)-\hat{x}(t), \tag{4}$$

де $\hat{x}(t)=\begin{bmatrix}\hat{x}_1(t) & \hat{x}_2(t) & \hat{x}_3(t)\end{bmatrix}^{\text{T}}$ – оцінка фазового вектора спостерігачем стану.

Сформуємо цільову умову

$$\lim_{t\to\infty}\text{e}(t)=0. \tag{5}$$

Запишемо рівняння оцінки параметризованого фазового вектора об'єкта [2]:

$$\hat{x}=(pI-A_{\text{м}})^{-1}\varepsilon y+(pI-A_{\text{м}})^{-1}u, \tag{6}$$

де

$\varepsilon=\begin{bmatrix}a_{1n}-a_1\\ a_{2n}-a_2\\ a_{3n}-a_3\end{bmatrix}$ – матриця параметричної неузгодженості між параметрами моделі і об'єкта;

$y=x_1$ – вихід об'єкта.

Структура закону для формування керування $u(t)$ знаходилася за допомогою другого методу Ляпунова. Вона для загального випадку наведена в роботі [2]. Тому, згідно цій роботі, будемо мати

$$u(t)=\hat{\Theta}^T\hat{x}+g=\hat{\theta}_1\hat{x}_1+\hat{\theta}_2\hat{x}_2+\hat{\theta}_3\hat{x}_3+g, \tag{7}$$

де $\hat{\Theta}^T=(\hat{\theta}_1\quad\hat{\theta}_2\quad\hat{\theta}_3)$ – оцінка вектора параметричних неузгоджень, що визначається за так званим алгоритмом адаптації

$$\dot{\hat{\Theta}}=\gamma\hat{x}K^{\text{T}}P\text{e}, \tag{8}$$

де γ – коефіцієнт адаптації; $K=[0\quad 0\quad 1]^{\text{T}}$.

В записаній формулі (8) матриця P визначається за рівнянням Ляпунова:

$$A_{\text{м}}^{\text{T}}P+PA_{\text{м}}=-Q,$$

де Q – довільна симетрична матриця.

Таким чином, запропоновано математичний апарат для моделювання в пакеті Simulink автоматичної самонастроювальної системи керування з еталонною моделлю частотно керованого асинхронного електроприводу суднового ПП тунельного типу з параметричною невизначеністю осьових моментів інерції гребного гвинта фіксованого кроку з приєднаною масою води, валів, муфти та зубчастої передачі.

На базі представлених формул (1-6), закону (7) та алгоритму адаптації (8) побудовано структурну схему моделювання пускових характеристик адаптивної системи частотного керування електроприводу ПП з компенсацією невизначеностей моментів

інерції гребного гвинта та інших деталей та вузлів пристрою. В ній передбачені спостерігач для оцінок фазових координат та корегуючий фільтр (префільтр) із аперіодичною ланкою для плавності протікання перехідних процесів цих координат.

На прикладі асинхронного електропривода суднового підрулюючого пристрою сучасного контейнеровоза з асинхронним двигуном HLA9 632-64Y потужністю 1200 кВт та моментом інерції ротора 64 кг·м^2; частотою обертання 1187 об/мін; напругою 440 В на клемах статора; зубчастою передачею з передаточним числом 5,3; гребного гвинта з моментом інерції 17 кг·м^2 та приєднаним моментом інерції води 6,8 кг·м^2, іншими параметричними невизначеностями з сумарним моментом інерції 22,4 кг·м^2, приведеним до осі ротора АД, параметрами перетворювача частоти T_{fc} =1/240 с, K_{fc} =12,57 рад/(В·с) та постійною часу префільтра 5 с розраховані та побудовані криві перехідних процесів кутової швидкості ротора АД, крутного моменту та похибок збіжностей цих кривих до відповідних кривих еталонної моделі (рис.1-3). Вони збігаються на усталому режимі роботи двигуна з похибкою, що не перевищує 2,5%.

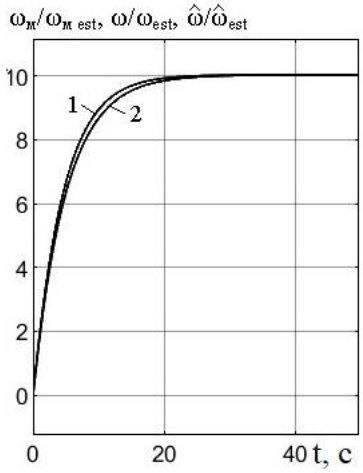


Рисунок 1 – Залежність кутових швидкостей моделі $\omega_м$, ротора ω та оцінки $\hat{\omega}$ при пуску електродвигуна: 1–модель;2 –двигун; est – індекс величини, що установилася

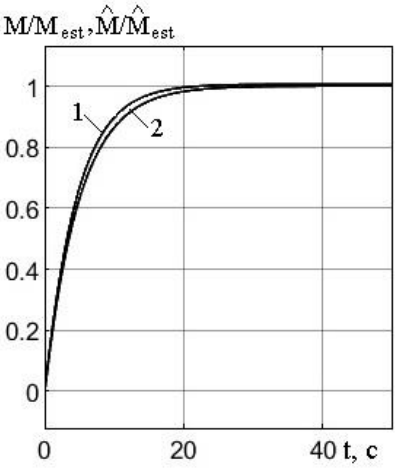


Рисунок 2 – Залежність крутного моменту M та його оцінки $\hat{M}$ при пуску електродвигуна: 1– крутний момент; 2 – оцінка крутного моменту

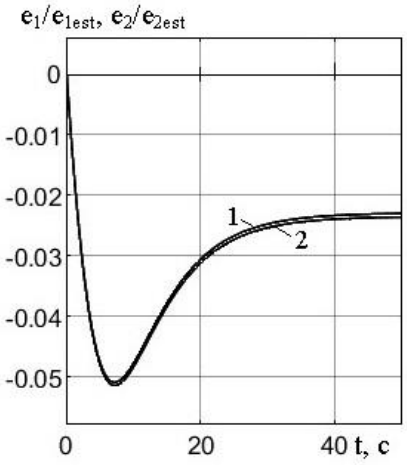


Рисунок 3 –Залежність похибок слідкування кутової швидкості ротора e_1 та крутного моменту e_2 за моделлю при пуску двигуна: 1 – швидкість, а 2 – момент двигуна

Висновки. 1. Розроблені методологія та схема моделювання адаптивної системи частотного керування асинхронного електропривода підрулюючого пристрою з невизначеними осьовими моментами інерції мас, що обертаються, та спостерігачем для визначення оцінок фазових координат. 2. Результати моделювання перехідних процесів крутного моменту та кутової швидкості ротора при пуску АД підтверджують високу точність стабілізації цих параметрів та збіг їх оцінок до параметрів еталонної моделі з похибкою, що не перевищує 2,5% на усталеному режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хлопенко М. Я., Білюк І. С., Шевченко В. В. Оптимальне керування об’єктами: навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2013. –172 с.

2. Герасимов Д. Н., Никифоров В. О. Адаптивное и робастное управление линейными динамическими системами: Лабораторный практикум. – С.-Петербург: Університет ИТМО, 2015. – 93 с.

3. Khlopenko N. J. Calculation and design of a robust speed controller of a frequency-controlled induction electric drive // Електротехніка і електромеханіка (Electrical Engineering & Electromechanics), 2020, №3, С.3–8. doi: 10.20998/2074-272X/2020.3.0104.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЮ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Шапатіна О. О. *к.т.н, доцент,* ***Троян Д. О.*** *аспірант,*
Горбачевський О. С. *магістрант,* ***Калініна В. С.*** *магістрант*
Український державний університет залізничного транспорту
(Україна)

Вступ. Україна має розвинену мережу шляхів та знаходиться на перетині міжнародних транспортних коридорів, отже відіграє важливу роль в економічній системі країн Європи та Сходу. Останнім часом обсяги перевезень залізничним транспортом в нашій країні зменшились, що пов'язане із воєнним станом, і, як наслідок, зниженням обсягів промислового виробництва та попиту на внутрішньому ринку. Однак навіть за таких умов він залишається основним видом транспорту щодо перевезення масових вантажів завдяки своїй надійності та ефективності [1].

Актуальність досліджень. Євроінтеграція України в транспортну систему вимагає відповідності міжнародним стандартам технічної, технологічної бази, що потребує необхідності у застосуванні сучасних технологій перевезення вантажів [2].

Досвід розвинутих країн світу доказує ефективність перевезень вантажів за участю декількох видів транспорту, для підвищення ролі залізничного транспорту зазначається доцільність виконання мультимодальних перевезень.

Аналіз мультимодальних перевезень вантажів показав, що недостатньо уваги приділено питанням щодо ефективного впровадження цих перевезень в Україні та не розглянутими лишаються питання щодо оцінки транспортних технологій.

Метою дослідження є визначення критерію оцінки транспортних технологій на основі оптимізації витрат на перевезення з урахуванням кваліметричних показників.

Для досягнення мети визначені такі задачі:

– сформувати критерій оцінювання транспортних технологій на основі оптимізації витрат;

– визначити значення критерію для різних транспортних технологій за допомогою графічної інтерпретації.

Результати досліджень. При виборі виду транспорту для відповідної транспортної технології перевезень пропонується обрати критерій, що мінімізує витрати на перевезення за обраним маршрутом, використовуючи методи теоретичної кваліметрії [3].

Критерій вибору транспортної технології на основі кваліметричної оцінки враховує обсяги перевезень вантажів, швидкість доставлення вантажів, маршрут доставлення вантажів різними видами транспорту, коефіцієнт комерційної віддачі, коефіцієнт запасу динамічних властивостей транспортного засобу, коефіцієнт, що враховує скорочення часу під технологічними операціями, коефіцієнт конкурентоспроможності та надійності транспортного засобу. Окремо в рамках тягових розрахунків виконується задача оцінки максимальної маси складу і середньої швидкості руху, а на основі лінійного програмування моделюється оптимальний маршрут доставлення вантажів, обирається вид транспорту та визначається взаємодія видів транспорту. При цьому враховують обмеження, які можуть виникнути при збоях в русі, внаслідок аварійних ситуацій та при виконанні ремонтних робіт.

Отримана модель оцінки ефективності перевезень різними транспортними технологіями на відміну від традиційних підходів комплексно враховує витрати на перевезення на основі визначення оптимального маршруту доставлення вантажів з урахуванням кваліметричного показника. Запропонований кваліметричний показник з урахуванням витрат в умовних одиницях має основну перевагу над існуючими, оскільки має системний характер, враховує цілісність та узгодженість всіх процесів виконання доставлення вантажів [4, 5].

Висновки. В результаті виконаних досліджень сформовано загальну процедуру оцінки транспортних технологій доставлення вантажів на полігоні на основі принципів кваліметрії, яка на відміну від існуючих підходів дозволяє враховувати комплекс факторів, що впливають на вибір транспортної технології.

Зокрема, отримані такі результати:

– за допомогою положень теорії кваліметрії сформовано критерій оцінювання транспортних технологій при оптимізації витрат;

– визначено значення критерію для різних транспортних технологій за допомогою графічної інтерпретації.

Згідно наведеного оптимальне значення рішення відповідає запровадженню мультимодальних перевезень, як найбільш ефективних у порівнянні з іншими видами вантажних перевезень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крашенінін О. С., Шапатіна О. О. Визначення ефективності перевезень різними транспортними засобами. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2021. Вип. 2. С. 3–8.

2. Шапатіна О. О., Зінов'єва Л. М. Розвиток сучасних технологій доставляння вантажів. Прогресивні технології засобів транспорту: матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції (м. Харків-Миргород, 23–24 вересня 2021 року). Харків-Миргород: УкрДУЗТ, 2021. С. 178.

3. Panchenko S., Lavrukhin O., Shapatina O. Creating a qualimetric criterion for the generalized level of vehicle. Eastern-European journal of enterprise technologies, 2017. Vol. 1, № 3(85). P. 39–45.

4. A. Krasheninin, O. Shapatina, O. Kovalova, G. Shapoval, H. Sylenok. Improvement of multimodal transportation based on logistic principles. LogForum, 2022. Vol. 18 (4). P.451–469.

5. A. Krasheninin, O. Shapatina, N. Panchenko, A. Kovalov. Formation of a procedure to assess transport technologies on the principles of qualimetry. AIP Conference Proceedings, 2023, 2684, 020005.

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ПІДХІД ПРИ МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ВІТРОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ МІСЦЕВОСТІ

Шарко О. В.[1], Степанчиков Д. М.[2], Шарко А. О.[3]
[1]Херсонська державна морська академія (Україна)
[2]Херсонський національний технічний університет (Україна)
[3]Технічний університет в Ліберці (Чехія)

Вступ. Теплова енергія, що безперервно надходить від Сонця, перетворюється в кінетичну енергію руху в атмосфері великих мас повітря, циркуляція яких називається вітром. Вітер грає головну роль у багатьох сферах, таких як вітроенергетика, боротьба проти опустелювання, перенос і розповсюдження забруднюючих речовин, утворення хвиль в океанах і морях. Внаслідок прямого зв'язку проблеми глобального потепління з традиційними системами перетворення енергії, на сьогодні відновлювальні джерела енергії, включаючи енергію вітру, стають все більш інтегрованими у глобальні системи генерації електроенергії.

Актуальність дослідження. Енергія вітру є екологічно чистою та стійкою, однак, змінність та ймовірнісний характер енергії вітру створюють значні проблеми при експлуатації енергетичних систем. Для визначення потенційної продуктивності конкретних вітроустановок важливим є точне знання питомої ваги великих та малих швидкостей вітру, оскільки енергетична оцінка виражається кубічною залежністю і тому більш чутлива до швидкості вітру.

Постановка задачі. Вітровий потенціал певної місцевості може бути визначений статистичними методами. При такому описі необхідно знати функцію густини розподілу швидкості вітру як випадкової величини. Частіше для опису такого розподілу використовують двопараметричну функцію Вейбула. Проте для випадків, коли розподіл швидкості вітру по градаціях має нетиповий для відкритих місцевостей характер точності функції Вейбула буває недостатньо. Альтернативним підходом до вирішення задач опису функції розподілу швидкості вітру є використання принципу максимуму ентропії як досить потужного, хоча й трудомісткого методу [1, 2]. Тому метою роботи є вдосконалення методів оцінки імовірнісних характеристик вітру на підставі застосування принципу максимуму ентропії.

Результати дослідження. Принцип максимуму ентропії широко використовується в різних областях: від статистичної і квантової механіки до теорії фінансового моделювання. Підхід заснований на процедурі, яка пов'язує між собою теорію інформації Шеннона та статистичну механіку. Необхідно створити ймовірнісний розподіл, який узгоджується з даним розподілом досліджуваної величини. Серед безкінечної кількості теоретичних розподілів, аналогічних до експериментального розподілу, необхідно обрати розподіл, який має найбільший ступінь невизначеності, тобто максимальну ентропію.

Для швидкості вітру υ як випадкової величини, заданої на інтервалі $(\upsilon_{\min},\upsilon_{\max})$ і яка описується певною функцією розподілу $f(\upsilon)$, ентропія визначається формулою [1, 2]:

$$H = -\int_{\upsilon_{\min}}^{\upsilon_{\max}} f(\upsilon)\ln\left(f(\upsilon)\right)d\upsilon \tag{1}$$

Для максимізації виразу (1) застосовується метод множників Лагранжа. Цей метод передбачає побудову допоміжного функціонала [2]:

$$H_{доп} = -\int_{\upsilon_{\min}}^{\upsilon_{\max}} f(\upsilon)\ln\left(f(\upsilon)\right)d\upsilon - \sum_{i=0}^{n}\lambda_i\left(\int_{\upsilon_{\min}}^{\upsilon_{\max}} g_i(\upsilon/\upsilon_c)f(\upsilon)d\upsilon - \mu_i\right) \tag{2}$$

де $g_i(\upsilon/\upsilon_c)$ – моментні або координатні функції, μ_i – моменти розподілу випадкової величини, υ_c – середня швидкість вітру, λ_i – множники Лагранжа, причому $g_0(\upsilon/\upsilon_c)=1$, $\mu_0=1$.

Точка екстремуму допоміжного функціонала (2) забезпечує екстремум вихідного функціонала (1), розв'язком умови екстремуму є функція:

$$f(\upsilon) = A\exp\left(-\sum_{i=0}^{n}\lambda_i g_i(\upsilon/\upsilon_c)\right) \tag{3}$$

де константа A визначається з умови нормування $\int_{\upsilon_{\min}}^{\upsilon_{\max}} f(\upsilon)d\upsilon = 1$.

Моменти μ_i визначаються з досліджуваної вибірки значень випадкової величини, відповідно до обраних моментних функцій $g_i(\upsilon)$:

$$\mu_i = \sum_{\upsilon} g_i(\upsilon/\upsilon_c)p(\upsilon) \tag{4}$$

де $p(\upsilon)$ – дискретна повторюваність різних градацій швидкості вітру для досліджуваної географічної місцевості, наведена у табл.1.

Таблиця 1 – Дискретний тестовий розподіл швидкостей вітру

υ, м/с	0.500	1.500	2.500	3.500	4.500	5.500	6.500	7.500
$p(\upsilon)$	0.008	0.036	0.080	0.180	0.190	0.170	0.110	0.055
υ, м/с	8.500	9.500	10.500	11.500	12.500	13.500	14.500	15.500
$p(\upsilon)$	0.046	0.030	0.012	0.020	0.025	0.011	0.019	0.008

Середнє значення швидкості вітру υ_c визначається з табл.1 за формулою:

$$\upsilon_c = \sum_{\upsilon} p(\upsilon)\upsilon \tag{5}$$

В якості моментних функцій $g_i(\upsilon)$ використані степеневі υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$ та логарифмічні $\ln(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln(1+\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$ функції [2]. Кількість моментних обмежень при проведенні досліджень: n=2÷4. Значення моментів μ_i наведено у табл.2.

Таблиця 2 – Моменти розподілу для використаних моментних функцій

$g_i(\upsilon/\upsilon_c)$	1	υ/υ_c	$(\upsilon/\upsilon_c)^2$	$\ln(\upsilon/\upsilon_c)$	$\ln(1+\upsilon/\upsilon_c)$	$\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$	$\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$
μ_i	1	1	1.273	-0.132	0.663	0.303	0.689

Підставивши рівняння (3) у вираз (1), з урахуванням (4) для максимального значення ентропії маємо [1]:

$$H_{\max} = \lambda_0 + \sum_{i=1}^{n}\lambda_i\mu_i \tag{6}$$

Для досягнення кращої точності при апроксимації даних спостережень розрахунковий інтервал має гарантовано перекривати інтервал зміни фактичних даних, а поза ним значення вважаються нульовими, тобто функція розподілу матиме вигляд [2]:

$$f(\upsilon) = \begin{cases} 0, & \upsilon < \upsilon_{\min} \\ A\exp\left(-\sum_{i=0}^{n}\lambda_i g_i(\upsilon/\upsilon_c)\right), & \upsilon_{\min} \le \upsilon \le \upsilon_{\max} \\ 0, & \upsilon > \upsilon_{\max} \end{cases} \tag{7}$$

При розрахунках було прийнято $\upsilon_{\min}$=0.1 м/с, $\upsilon_{\max}$=15.5 м/с, υ_c = 5.7 м/с.

Застосування принципу максимуму ентропії потребує значних та складних математичних обчислень у порівнянні з іншими методами, що можна вважати недоліком цього методу. Проте, сучасний розвиток прикладних комп'ютерних програм дозволяє значно спростити процедуру розв'язку. Запропонований нами метод отримання множників Лагранжа λ_i дозволяє взагалі не застосовувати складну процедуру ітераційних розрахунків. Для цього використовуються потужності пакету Curve Fitting системи Matlab, де можна апроксимувати функцією (3) набір експериментальних значень швидкості вітру.

Значення множників λ_i обчислюються автоматично разом з похибками, але перед цим треба задати моментні функції $g_i(\upsilon)$.

У табл.3 наведено результати розрахунку параметрів λ_i для деяких наборів моментних функцій, нормувальних констант A, а також максимальні значення ентропії $H_{\max}$, середньоквадратичні похибки апроксимації *RMSE* та коефіцієнти детермінації R^2 (кореляції). Порівняння результатів розрахунків проводиться між різними функціями розподілу типу (6), а також з функцією двопараметричного розподілу Вейбула [1]:

$$f_W(\upsilon) = \frac{\gamma}{\beta}\left(\frac{\upsilon}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left(-\left(\frac{\upsilon}{\beta}\right)^{\gamma}\right) \tag{8}$$

де γ, β – параметри розподілу.

Таблиця 3 – Параметри функцій розподілу для деяких наборів моментних функцій

№	$g_i(\upsilon/\upsilon_c)$	$H_{\max}$	A	*RMSE*	R^2	к-ти апроксимації
1	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$	1.995	1.136	0.017	0,941	λ_0 = 4.915; λ_1 = -7.965; λ_2 = 4.849
2	$\ln(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$	2.140	1.074	0.013	0.960	λ_0 = 1.925; λ_1 = -1.776; λ_2 = 2.773
3	$\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$	2.130	1.078	0.013	0.967	λ_0 = 0.668; λ_1 = 2.087; λ_2 = 1.782
4	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$, $\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$	2.259	1.023	0.010	0.980	λ_0 = 9.064; λ_1 = -25.400; λ_2 = 1.993; λ_3 = 23.460
5	υ/υ_c, $\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$	2.235	1.038	0.012	0.974	λ_0 = 2.825; λ_1 = -7.450; λ_2 = 1.836; λ_3 = 9.455
6	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$, $\ln(\upsilon/\upsilon_c)$	2.217	1.048	0.012	0.963	λ_0 = -1.271; λ_1 = 4.451; λ_2 = -1.251; λ_3 = 3.019
7	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$, $\ln(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$	0.179	0.029	0.009	0.983	λ_0 = -28.020; λ_1 = 34.400 λ_2 = -4.487; λ_3 = -23.490; λ_4 = -4.646
8	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$, $\ln(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln(1+\upsilon/\upsilon_c)$	2.245	1.031	0.010	0.982	λ_0 = 11.170; λ_1 = 56.580; λ_2 = -6.851; λ_3 = 1.603; λ_4 = -85.170
9	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$, $\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$	2.052	0.888	0,009	0,984	λ_0 = 12.130; λ_1 = -34.360; λ_2 = 2.918; λ_3 = -0.821; λ_4 = 30.630
10	Розподіл Вейбула	—	—	0,018	0,923	γ = 2.663; β = 5.511

Параметри $H_{\max}$ і R^2 потребують максимізації, параметр *RMSE* – мінімізації. Як видно з аналізу отриманих даних (табл. 3), найбільше значення ентропії забезпечують комбінації трьох моментних функцій №4, середньоквадратична похибка апроксимації *RMSE* має найменше значення для функцій №7, 9, а коефіцієнт детермінації R^2 має найбільше значення для функції №9. Остаточний вибір параметрів функції розподілу може здійснюватися відповідно до обраного критерію, проте досліджуваний метод базується саме на показнику ентропії. Тому оптимальним за набором критеріїв можна вважати варіант №4, і функція розподілу для даного набору вимірів матиме вигляд:

$$f(\upsilon) = \begin{cases} 0, & \upsilon < 0{,}1 \\ 1.023\exp\left(-9.064 + 25.400\upsilon/\upsilon_c - 1.993(\upsilon/\upsilon_c)^2 - 23.460\ln\left(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2\right)\right), & 0{,}1 \le \upsilon \le 15{,}5 \\ 0, & \upsilon > 15{,}5 \end{cases} \tag{9}$$

Також слід відмітити, що розподіл Вейбула (функція №10 у табл. 3) має найбільшу середньоквадратичну похибку і найменший коефіцієнт детермінації. Тому розподіл Вейбула є менш точним для опису розподілу швидкості вітру серед наведених у табл. 3 функцій. На рис.1 зображено графічний вигляд функції №4 з табл. 3, яка у повному вигляді представлена рівнянням (9). Для порівняння, крім гістограми фактичного розподілу (табл. 1) зображено двопараметричний розподіл Вейбула.

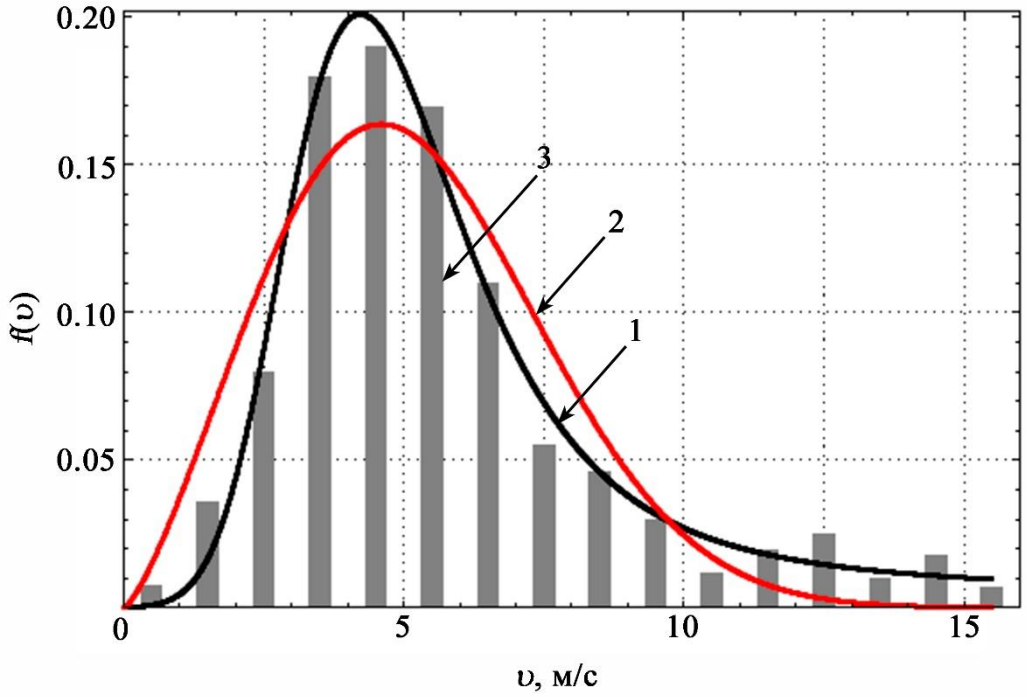


Рисунок 1 – Порівняння тестового дискретного розподілу швидкості вітру і неперервних функцій розподілу: 1) оптимальна функція розподілу, отримана на підставі принципу максимуму ентропії, 2) розподіл Вейбула, 3) гістограма експериментального розподілу

Висновки. Розроблено методику застосування принципу максимуму ентропії для опису функції розподілу швидкості вітру. Показано, що застосування пакету Curve Fitting системи Matlab дозволяє значно спростити та автоматизувати процес визначення множників Лагранжа. Доведено, що опис розподілу вітрового потоку на основі методу максимуму ентропії має найбільшу точність і краще відображає особливості експериментального розподілу швидкості вітру. Застосування розробленого інструментарію дозволяє підвищити точність математичного моделювання розподілу швидкості вітру, а з цим і точність довгострокового прогнозування виробітку електроенергії вітроенергетичними установками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shoaib M. Comparison of Wind Energy Generation Using the Maximum Entropy Principle and the Weibull Distribution Function /M. Shoaib, I. Siddiqui, Sh. Rehman, S. Rehman, S. Khan, A. Lashin // Energies. – 2016. – Vol. 9, No. 842. – P. 1–8.

2. Путінцева К.К. Застосування принципу максимуму ентропії для опису розподілу швидкості вітру / К. К. Путінцева, Д. М. Степанчиков // “Актуальні проблеми сучасної енергетики”: зб. тез доп. V всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Херсон, 20–22 травня, 2020 р.). – Херсон: ПП "Резнік", 2020. – С. 111–114.

РОЗРОБКА БІЗНЕС-МОДЕЛІ CANVAS ДЛЯ ДОДАТКУ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я

Яцишин М. М., Піх М. М., Туз В. В.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ (Україна)

Вступ. У зв'язку зі стрімким розвитком технологій та зростанням усвідомленості про важливість збереження та вдосконалення здоров'я, виникає необхідність в розробці інноваційних рішень у сфері медичної технології. Одним із ключових напрямків є розробка мобільних додатків для моніторингу та підтримки здоров'я.

Ця наукова стаття присвячена детальному розгляду процесу створення бізнес-моделі для такого додатку, використовуючи універсальний інструментарій Business Model Canvas. У статті висвітлюються актуальні проблеми у сфері здоров'я, аналізуються ключові функції додатку, ідентифікуються цільові аудиторії та розглядаються аспекти конкурентоспроможності на ринку медичних додатків.

Отримані результати спрямовані на покращення якості та доступності медичних послуг через впровадження інноваційних рішень у цей важливий сектор.

Мета та задачі дослідження. Метою – розробка бізнес-моделі Canvas для додатку моніторингу здоров'я спрямована на розуміння основних аспектів бізнесу, пов'язаних з запуском та ефективною експлуатацією такого продукту. Мета полягає в тому, щоб визначити ключові елементи бізнес-моделі, які допоможуть досягти успіху на ринку моніторингу здоров'я, визначити потенційні ризики та переваги, а також визначити шляхи для досягнення конкурентної переваги.

Задачі дослідження: аналіз ринку моніторингу здоров'я, визначення цільової аудиторії, розробка пропозиції продукту, визначення ключових партнерів та ресурсів, розробка цінової стратегії, розробка маркетингової стратегії, оцінка потенційних ризиків та шляхів їхнього управління, розробка плану впровадження та масштабування.

Постановка проблеми. Здійснити теоретичне дослідження класифікації бізнес-моделей підприємства за ознаками та видами в залежності від процесів діяльності підприємства, та проаналізувати Канвас бізнес-моделі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останні дослідження та публікації активно зосереджуються на бізнес-моделюванні та вирішенні проблем оптимізації управління. Ці теми привертають увагу як українських, так і зарубіжних науковців, серед яких Р. О. Винничук, Дж. Магретта, А. Остервальдер, Н. В. Ревуцька, В. В. Скриль, Т. В. Склярук, Н. Д. Стрекалова, Шевчук Р. П. та інші. Однак, в економічній літературі все ще відсутнє однозначне визначення терміну "бізнес-модель", і не приділяється достатньо уваги специфічним аспектам бізнес-моделей на ринку програмного забезпечення. У своїх дослідженнях вони пропонували різні класифікації бізнес-процесів залежно від конкретних критеріїв. Наприклад, класифікація може бути заснована на функціональних зв'язках, типах діяльності, характеристиках процесів тощо. Різноманіття підходів до класифікації відображає різноманіття бізнес-моделей та управлінських практик. При подальших дослідженнях важливо узгоджувати різні підходи до класифікації та враховувати специфіку конкретної галузі або підприємства. Такий підхід дозволяє краще розуміти природу бізнес-процесів та ефективно впроваджувати стратегії управління на практиці.;

Виклад основного матеріалу. Що таке бізнес-модель.

Бізнес-модель – це аналітичний інструмент, який дає абстрактний опис підприємницької діяльності, що спрямована на отримання прибутку [1, с. 30].

Бізнес-модель – це план, який реалізується компанією для отримання доходу в результаті своєї діяльності. Бізнес-модель також розглядається як ряд взаємовідносин, які беруть участь у створенні цінності. Створення цінності та турбота про клієнтів – це те, що

відрізняє бізнес-моделі, що здебільшого мають ринкову спрямованість, від тих, які, серед іншого, орієнтовані на досягнення соціальних і культурних цілей [15].

Скриль В.В. розглядає бізнес-модель як спрощене відображення механізму ведення певної економічної діяльності, пов'язаної з виробництвом продукції (продажем товарів,наданням послуг, виконанням робіт), що є цінною для споживача, та забезпечує отримання прибутку.

Ревуцька Н.В. визначає бізнес-модель як сукупність елементів, що характеризують принципові відмінності функціонування компаній, на основі ключових компетенцій з метою створення продукту, послуги [2].

Сливоцький застосував поняття«бізнес-моделі» Він наголосив, що сучасні, агресивні, з погляду конкурентної боротьби, підприємства забезпечують зростання прибутків і надходження капіталу від інвесторів, насамперед, завдяки ефективним діловим (бізнесовим) моделям і розумінню пріоритетів споживачів. [7. с. 14]

У п.п. 4.1.1 МСФЗ 9 бізнес-модель розглядається як один із факторів, що визначає, чи можуть фінансові активи класифікуватися як такі, що оцінюються у подальшому або за амортизованою собівартістю, або за справедливою вартістю [1, с 11].

Бізнес-модель компанії можна рорзглянути як інструмент організаційного дизайну. Це означає, що бізнес-модель розглядається як певний шаблон для налаштування різних елементів всередині організації [2, с.11].

Бізнес-модель компанії – це спосіб, який компанія використовує для створенняцінності та отримання прибутку. H. Chesbrough, [8. с. 96]

Бізнес-модель – це спосіб ведення бізнесу, отримання прибутку на основі досягнення мети та створення цінності для споживачів. Ефективна інноваційна бізнес-модель приходить на зміну традиційній і містить складові: мету бізнесу, продуктовий ряд, стратегію, інфраструктуру, організаційну структуру, способи продажів, операційні процеси і політики [8. с. 96].

Як нова економічна категорія, «бізнес-модель» компанії характеризує логіку побудови та розвитку підприємства в сучасних умовах динамічного господарського середовища [2, с. 14]. Використання концепції бізнес-моделювання передбачає здійснення економічного, аналітичного, графічного та програмного обґрунтування вибору найефективнішого варіанта розвитку підприємства. В цьому контексті бізнес-модель є сучасним інструментом реалізації стратегії компанії в умовах функціонування економіки «знань

– Перед тим, як почати пошук джерел зовнішнього фінансування, в першу чергу необхідно розробити базову бізнес-модель. Незалежно від того, в якій формі вона буде представлена, в текстовій чи графічній, модель повинна давати відповіді на наступні запитання:

– Як майбутнє креативне підприємство планує реалізовувати свої продукти або послуги, а також створювати цінність?

– Хто є потенційними клієнтами підприємства?

– Що стане джерелом доходів?

– Яким чином підприємство буде досягати своїх стратегічних цілей?

– В електронній комерції виділяють ряд специфічних бізнес-моделей. («Business Models on the Web» професора Майкла Рапп (Michael Rappa):

– посередницька (Brokerage). Організації отримують відсоток або гонорар за угоди, найчастіше в сегментах business-to-business (B2B), business-to-consumer (B2C) або consumer-to-consumer (C2C). До такого підприємництва можна віднести не тільки різноманітні біржі й торгове посередництво, а й платіжні системи, які отримують свій відсоток від транзакцій;

– рекламна (Advertising). Дохід надходить від демонстрації реклами або переходів користувачів на сайти рекламодавців; функціонал сайту частіше служить для залучення масової аудиторії або таргетингу реклами;

– інформаційна (Infomediary). Дохід формується на основі продажу інформації: даних про аудиторію, метапосредники між продавцями і покупцями та інші;

– торгова (Merchant). Безпосередній продаж товарів і послуг;

– виробнича (Manufacturer / Direct). Тут вигоду отримує виробник товару не за завдяки Інтернету як такого, а завдяки скороченню «відстані» між ним і споживачем його продукції;

– партнерська (Affiliate). Знову різновид рекламної моделі, де дохід надходить від власників сайтів-партнерів у обмін на покупців, що приходять (відвідувачів);

– спільнота (Community). Тут назва класу моделей характеризує навіть не джерело доходу (він може надходити від продажу платних послуг, реклами або пожертвувань), а середовище, де цей дохід генерується;

– підписка (Subscription). Дохід надходить від користувачів, що оформлюють підписку на певні сервіси;

– за споживанням (Utility). «Антипод» моделі підписки, де клієнту також надається певний сервіс, але форма оплати базується на спожитому трафіку / отриманій інформації або іншому кількісному показнику, але не на часі (як у випадку з «класичною» підпискою).

– Бізнес-моделі можуть бути як складними, так і простими, залежно від початкової задумки підприємця, доступних ресурсів і бачення майбутнього розвитку.

– Кожен проект потребує певних фінансових вкладень, але підприємцям-початківцям знайти джерела фінансування для реалізації своїх ідей виявляється складно. Знайти зовнішнє джерело фінансування стартапу можливо, але необхідно лише знати нюанси таких пошуків. Основна проблема зовнішнього фінансування стартапів полягає в тому, що існує великий ризик неповернення засобів, що вкладаються в новий бізнес.

– Існують різні способи залучення інвестицій до фінансування стартапів. Серед основних моделей фінансування стартапів виділяють: франшизу; венчурні фонди; бізнес-ангели; конкурси; бізнес-акселератори; краудфандинг; Smart money (розумні гроші); модель «3Д»: домашні, друзі, дурні; стратегічні інвестори; субсидії держави; IPO.

– Вибір однієї з моделей фінансування стартапу є важливим моментом, оскільки від цього залежить подальша доля проекту. Якій з моделей віддати перевагу – це складне рішення, яке приймається виходячи зі специфіки самої ідеї, інвесторів, ресурсів та можливостей.

– У випадку, коли стартап йде шляхом «копіювання бізнесу», то доцільним буде варіант з франшизою, оскільки купуючи франшизу, ви отримуєте відпрацьований бізнес-процес з докладними інструкціями як продавати; вже розкручене ім’я (бренд) компанії; економію на рекламі. Кредит на стартап найпростіше отримати саме при франчайзингової моделі.

– Інвестиції в стартапи від венчурних фондів відбувається тоді, коли фонд виявиться зацікавлений у реалізації проекту. Але треба враховувати, що такі організації як правило не дають кредит на стартап, а воліють брати участь у бізнесі.

– Фінансування стартапів за допомогою конкурсів може приймати дуже різні форми. Згідно даної моделі фінансування отримують не тільки номінальні переможці, але й будь-який вподобаний комусь з інвесторів проект.

– Бізнес-акселератори є моделлю підтримки бізнесу на ранній стадії, яка передбачає інтенсивний розвиток проекту в найкоротші терміни. Для швидкого виходу на ринок проекту забезпечуються інвестування, інфраструктура, експертна і інформаційна підтримка.

– Бізнес-ангел вкладає гроші в інноваційні проекти на етапі створення підприємства в обмін на повернення вкладень і долю в капіталі. Вони інвестують частину власних коштів в інноваційні компанії, підтримуючи їх технічний і комерційний розвиток.

– Фінансування за схемою краудфандингу відбувається на основі колективної співпраці людей, які добровільно об'єднують свої гроші або інші ресурси разом, як правило через Інтернет, щоб підтримати зусилля інших людей або організацій.

– «Розумні гроші» є вигідною моделлю фінансування стартапу, оскільки інвестор не тільки викладає гроші, але й свої знання, досвід, зв'язки і розуміння ринку, та має необхідний рівень компетенції у галузі.

– Модель «3Д: домашні, друзі, дурні» передбачає, що на стадії створення своєї справи підприємцю-початківцю доводиться йти по фінансову допомогу до друзів і родичів.

– Стратегічний інвестор здійснює великі вкладення в старпап-інвестування, але має на меті отримання постійного доходу, контроль над власністю та участь в управлінні об`єктом інвестування.

– IPO вважається сьогодні одним з найважливіших механізмів на ринках капіталу. Одним із способів залучення зовнішніх інвестицій є первинна публічна пропозиція акцій. Initial Public Offering (IPO) є пропозицією, яку компанія робить всім зацікавленим інвесторам.

– Канвас бізнес-моделі (від англ. Business model canvas) - один з інструментів стратегічного управління для опису бізнес-моделей нових підприємств, що вже діють. Це односторінкова схема, що описує всі бізнес-процеси компанії: пропозицію, інфраструктуру, споживачів та фінанси.

– Канва бізнес-моделі складається з 9 блоків: ключові партнери, ключові активності, переваги та пропозиції, відносини із замовником, власні сегменти, ключові ресурси, канали постачання, структура витрат та джерела доходів.

– Основні групи та блоки в рамках бізнес-моделі:

– Інфраструктура –визначає як і з допомогою чого фірма виробляє цінність, власне визначається основа виробничих процесів підприємства. Складається із трьох областей:

– Процеси – найважливіші процеси у ланцюжку створення цінностей клієнтам компанії.

– Ресурси – ключові ресурси, які необхідні для створення цінності клієнтам компанії. Ресурси може бути людські, фінансові, засоби виробництва, інтелектуальні.

– Партнери – ключові партнери, стосунки з якими можуть вплинути на створення цінності для клієнтів компанії.

– Пропозиція – визначає продукт чи послугу, які компанія пропонує над ринком. Складається з однієї області:

– Пропонована цінність – набір продуктів та послуг, що виділяють компанію серед конкурентів на ринку та створюють цінність для клієнтів. Цінність продуктів та послуг, що пропонуються на ринку, як правило досягається за рахунок наступних характеристик: новизна, продуктивність, гнучкість та адаптованість, комплектність, дизайн, бренд і статусність, ціна, зниження ризиків, доступність, зручність.

– Клієнти – визначає основні сегменти ринку чи клієнтів, на обслуговуванні яких у першу чергу орієнтуватися фірма. Складається із двох областей:

– Клієнти – компанія повинна в першу чергу зрозуміти, хто буде користуватися пропонованими нею продуктами чи послугами, які їх потреби та особливості цільового ринку.

– Канали збуту – спосіб доставки продукту чи послуги до клієнта, який задовольняє потребам у швидкості, ефективності та вартості.

– Взаємовідносини – яким чином будуватимуться взаємовідносини з клієнтами, яким чином компанія купуватиме нових клієнтів, утримуватиме існуючих та розвиватиме стосунки з ними. Різні форми побудови відносин з клієнтами включають:

– Персональне обслуговування – особиста взаємодія між співробітником компанії та клієнтом, як правило, в офісах продажів, в рамках онлайн-чату тощо.

– Ексклюзивне персональне обслуговування – схоже на персональне обслуговування, але з виділенням для кожного клієнта персонального менеджера з обслуговування.

– Самообслуговування – клієнти самостійно обслуговують себе за допомогою інструментів, що пропонуються компанією.

– Автоматизоване обслуговування – схоже на самообслуговування, але системи компанії можуть визначати потреби клієнта і пропонувати найцікавіші пропозиції.

– Спільнота клієнтів – пряма взаємодія між клієнтами компанії, компанія надає платформу, в рамках якої клієнти можуть обмінюватися ідеями, порадами та вирішувати різні проблеми.

– Спільна робота – клієнти безпосередньо беруть участь у процесі створення дизайну продукту чи послуги компанії.

– Фінанси – опис особливостей організації фінансових потоків компанії, як вхідних (ціноутворення), і вихідних (структура витрат). Складається із двох областей:

– Структура витрат – опис основних фінансових моделей та об'єктів інвестицій компанії, які необхідно понести на створення продукту чи послуги.

– Джерела доходу – спосіб отримання фінансування кожного з ринкових сегментів, у якому вона працює. Виділяють такі джерела доходу підприємства: продаж товару, плата користування, плата за передплату, ліцензування, посередництво, реклама.

Створення CANVAS моделі.

CANVAS в перекладі означає – канва, полотно. Іншими словами CANVAS – це основа/фундамент для бізнесу. Якщо все добре продумати, описати, накласти на базове полотно вашої організації – це хороший старт для успішної діяльності. https://www.prostir.ua/?kb=biznes-model-canvas-dlya-hromadskyh-orhanizatsij Бізнес-модель CANVAS для громадських організацій

Business Model Canvas – один із інструментів стратегічного управління для підприємців, який дозволяє зробити опис пропонованого проекту або проаналізувати модель
бізнесу, яка вже використовується, з позицій її ефективності та можливостей розвитку [9? с. 11].

Бізнес-модель Канва дозволяє компаніям розробляти та оптимізувати свою бізнес модель на основі дев'яти ключових компонентів. Цей інструмент є візуальною картою, на якій підприємці та менеджери можуть вказати основні аспекти свого бізнесу та перевірити їх цілісність та ефективність

Бізнес-модель Канвас (або "Канва бізнес-моделі") створили Александер Остервальдер та Ів Піньє. Це схема на одну сторінку, яка описує усі бізнес-процеси компанії: пропозицію, інфраструктуру, споживачів, фінанси тощо. Враховуючи темпи, з якими у світі усе змінюється, було б добре переглядати бізнес-модель раз на шість місяців. І обов’язково треба це робити, якщо ви вносите зміни в одну із частин моделі. [16].

Модель Canvas проста у використанні, але вона забезпечує системний підхід як для початкового започаткування бізнесу, так і для розробки стратегій, бізнес-планів і політик управління під час його функціонування. Більшість початківців використовують цю модель при створенні власного бізнесу, хоча можливо не завжди враховують усі її елементи. Спочатку визначимо ключових партнерів. В даному блоці ми записуємо всіх, з ким працює компанія й без кого вона не може повноцінно функціонувати. Ключовими партнерами для нашої системи будуть: система дослідження тіла людини, система монетизації продукту, система розповсюдження програмного забезпечення, система обробки платежів. Система дослідження тіла людини відповідає за надання додатку актуальних даних про нормальні показники фізичних характеристик тіла людини. Система монетизації продукту відповідає за показ реклами в додатку, за рахунок цього продукт приносить гроші. Система розповсюдження програмного забезпечення – це сервіс, де

користувачі можуть завантажити додаток (наприклад Google Play або App Store). Система обробки платежів відповідає за отримання благодійних внесків користувачів.

Полотно бізнес-моделі (Business Model Canvas) можна використовувати як інструмент діагностики та планування стратегії та ініціатив. Як інструмент діагностики, різні елементи канви використовуються як лінза для оцінки поточного стану бізнесу, особливо щодо відносної кількості енергії, часу та ресурсів, які організація наразі інвестує в різні сфери. [13].

Полотно бізнес-моделі (Business Model Canvas)

Як інструмент планування та моніторингу, канва може бути використана як орієнтир і основа для розуміння взаємозалежностей і пріоритетів між групами та ініціативами.

В блоці «Ключові види діяльності» потрібно описати види робіт, які система вміє або повинна вміти виконувати на дуже високому рівні на всіх етапах роботи. Для нашої системи: залучення нових користувачів, розробка платформи і підтримка користувачів.

В блоці «Ключові ресурси» потрібно описати те, що необхідно компанії для продовження діяльності. Для нашої системи: технологічна платформа, зв'язок з системою дослідження тіла людини.

В блоці «Ціннісна пропозиція» потрібно описати здатність системи вирішувати проблеми користувачів. Для нашої системи: система для моніторингу стану здоров'я, система підбору програм тренувань.

В блоці «Відносини з клієнтами» потрібно описати тип або характер відносин, які будуть встановлені з користувачами. Для нашої системи: додаток для моніторингу здоров'я, служба підтримки

В блоці «Канали збуту» потрібно описати канал, який працює для зв'язку клієнта та системи. Для нашої системи це сам додаток моніторингу здоров'я, бо саме через цей додаток користувач отримує послуги, які надає система.

В блоці «Сегмент користувачів» потрібно описати користувачів на яких розрахована система. Для нашої системи: користувач, який хоче відслідковувати свій стан здоров'я та відстежувати прогрес тренувань.

В блоці «Структура витрат» потрібно описати на що наша система витрачає кошти. Для нашої системи: вартість реалізації, заробітні плати, оплата послуг системи розповсюдження програмного забезпечення.

В блоці «Потоки надходження доходів» потрібно описати всі статті доходів. Для нашої системи: дохід з показу реклами всередині додатку, благодійні внески користувачів.

Загальний вигляд розробленої моделі можна побачити на рисунку 1.

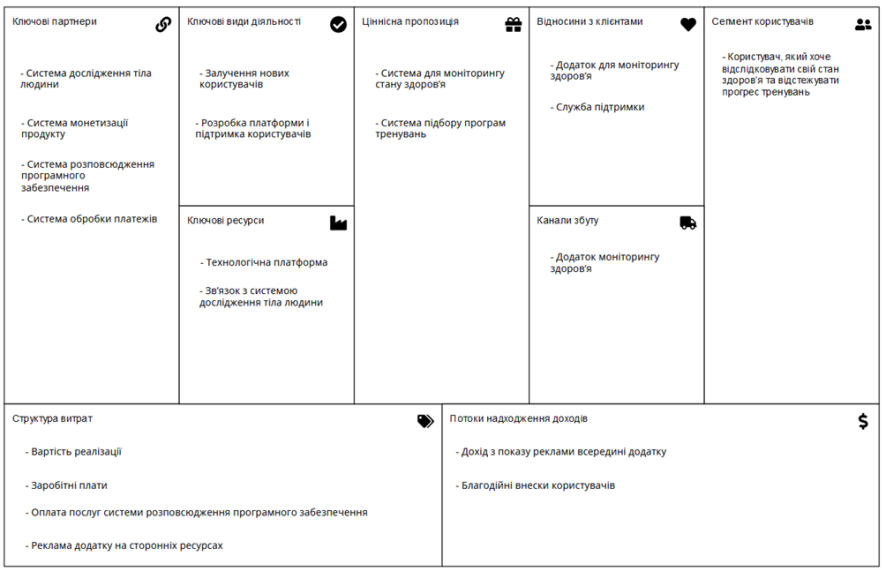


Рисунок 1 – Кінцевий вигляд бізнес-моделі Canvas

Створення UML-діаграм

Unified Modeling Language (UML) – уніфікована мова моделювання. Розшифруємо: modeling передбачає створення моделі, що описує об'єкт. Unified (універсальний, єдиний) – підходить для широкого класу проектованих програмних систем, різних областей додатків, типів організацій, рівнів компетентності, розмірів проектів Потрібно виділити основні етапи функціонування системи [17]. Потрібно виділити основні етапи функціонування системи. Одним з таких буде процес введення фізичних даних користувача в додаток – рисунок 2. Процес «Введення фізичних даних користувача».

Дана діаграма описує процес введення фізичних параметрів користувачем, після чого програма обчислює різні показники здоров'я відповідно до формул. Потім будується графічне представлення результатів в порівнянні з нормальними показниками та минулими введеними користувачем даними.

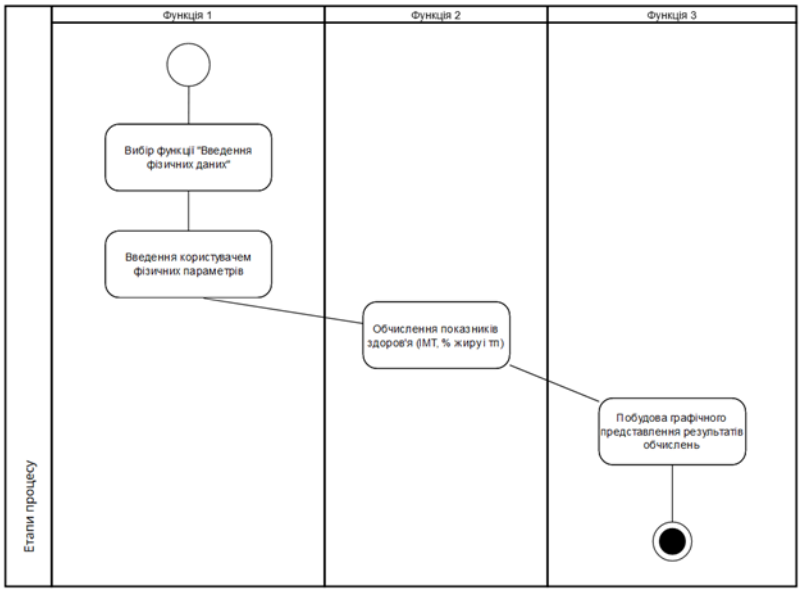


Рисунок 2 – Процес «Введення фізичних даних користувача»

Ще один основний процес – підбір плану тренувань. Діаграма представлена на рисунку 3. Процес «Підбір плану тренувань».

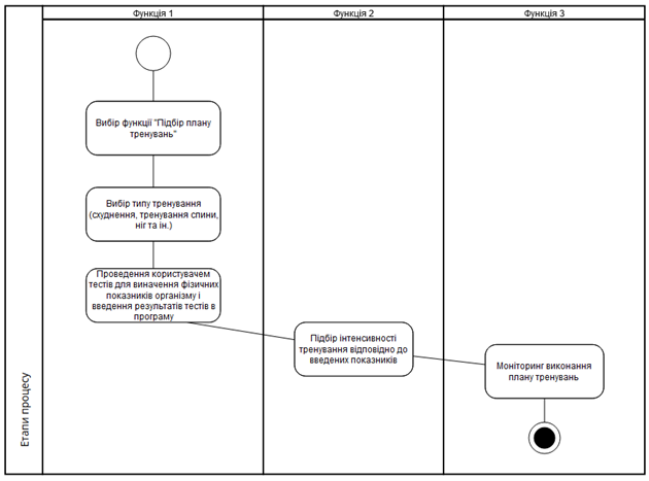


Рисунок 3 – Процес «Підбір плану тренувань»

Діаграма описує процес підбору плану тренувань на основі побажань користувача та його фізичних показників організму. Користувач повинен вибрати, який саме тип тренувань йому потрібен (схуднення, тренування спини, ніг, рук і т.д.). Далі програма просить виконати користувача певні вправи і після цього виміряти певні показники тіла

(пульс, самопочуття і т.п.). на основі введених даних програма підбирає інтенсивність тренувань і після цього слідкує за виконанням цього плану.

Далі побудуємо UML-діаграму діяльності підпроцесу «Моніторинг виконання плану тренувань» – рисунок 4 Підпроцес «Моніторинг виконання плану тренувань».

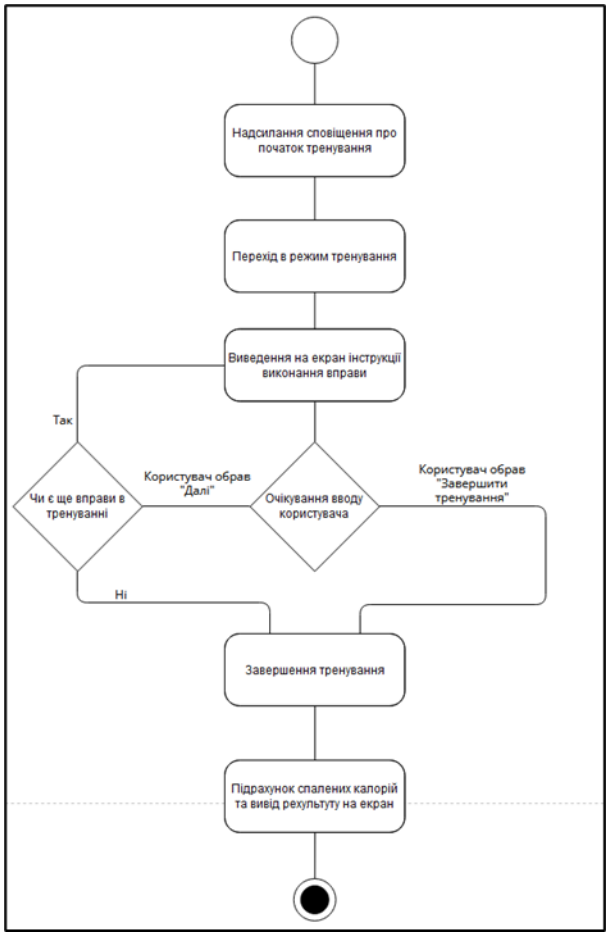


Рисунок 4 – Підпроцес «Моніторинг виконання плану тренувань»

Дана діаграма показує дії, які виконуються під час моніторингу тренування. Користувач повинен перейти в режим тренування, побачити на екрані інструкцію з виконання вправи. Коли він завершив виконання, він натискає «Далі», програма перевіряє, чи є наступні вправи, якщо так, то виводить на екран наступну вправу, якщо ні, то тренування завершується і програма рахує спалені калорії відповідно до виконаних вправ. Якщо на будь-якому етапі виконання тренування користувач натисне «Завершити тренування», то програма перейде на етап завершення тренування.

Основні результати та їх обговорення. Бізнес-модель є стратегічним планом компанії, що визначає, як вона створюватиме цінність, привертатиме клієнтів, генеруватиме доходи і досягатиме стратегічних цілей. На прикладі електронної комерції розглянуті різні типи бізнес-моделей, кожен з яких має свої особливості та джерела доходів.

Для фінансування стартапів існує широкий спектр моделей, таких як франшиза, венчурні фонди, бізнес-ангели, краудфандинг та інші. Вибір конкретної моделі залежить від багатьох факторів, таких як специфіка проекту, наявність ресурсів та потреби в експертній підтримці.

Наприклад, франшиза підходить для стартапів, що ґрунтуються на успішній бізнес-моделі, тоді як венчурні фонди шукають проекти, що відповідають їхнім інвестиційним стратегіям. Бізнес-ангели можуть бути корисними на ранній стадії розвитку, надаючи фінансову підтримку та експертний допомогу.

Загальне узагальнення полягає в тому, що вибір моделі фінансування є критичним для успіху стартапу і вимагає ретельного аналізу та врахування різних факторів. Успішне вибрана модель може значно вплинути на подальший розвиток і успішність бізнесу. Після аналізу моделі Canvas і UML-діаграм, можна зробити наступні висновки щодо блоків бізнес-моделі та процесів управління системою моніторингу здоров'я.

Діаграми, хоч і на перший погляд можуть здаватися банальними, насправді є потужним інструментом для вирішення складних завдань в програмуванні та розробці програмного забезпечення. Вони допомагають:

Спрощувати процес будівництва діаграм, оскільки вони базуються на стандартизованих форматах і конвенціях.

Забезпечувати легку читабельність і зрозуміння, що полегшує комунікацію між учасниками проекту.

Служити чудовим інструментом для проектування архітектури та моделювання поведінки програмних систем.

Бути необхідним елементом документації будь-якої складної системи, оскільки дозволяють зрозуміти зв'язки між компонентами та інтеграції в системі. Блоки бізнес-моделі, такі як інфраструктура, пропозиція, клієнти, канали збуту, взаємовідносини та фінанси, відображають ключові аспекти діяльності компанії, що розвиває систему моніторингу здоров'я. Вони допомагають чітко визначити стратегічний напрямок та забезпечити створення цінності для клієнтів, ефективне управління ресурсами та фінансами, а також забезпечити ефективні канали збуту та взаємодії з клієнтами.

А сама модель Canvas розкриває ключові аспекти бізнесу системи моніторингу здоров'я, такі як ключові партнери, види діяльності, ресурси, ціннісна пропозиція, взаємини з клієнтами, канали збуту, сегменти користувачів, структура витрат та потоки надходження доходів. Ця модель надає базу для розвитку та управління бізнесом. UML-діаграми діяльності системи моніторингу здоров'я описують основні процеси, що включаються у функціонування цієї системи. Вони допомагають зрозуміти послідовність та взаємозв'язок між різними діями, які виконуються користувачами та програмним забезпеченням. Ці інструменти спільно допомагають створити та управляти ефективною бізнес-моделлю системи моніторингу здоров'я, яка забезпечує задоволення потреб клієнтів та фінансову стабільність компанії.

Висновки. Бізнес-модель є важливим елементом у будь-якому успішному підприємстві, вона визначає план дій компанії для досягнення своєї мети. Business Model Canvas, яка використовується протягом понад 10 років, є одним з найбільш ефективних інструментів для розробки та удосконалення бізнес-планів і стратегій. Завдяки своїй простоті і наочності, він став доступним для підприємців будь-якого рівня і в усіх сферах бізнесу. Модель Lean Canvas не є остаточним бізнес-планом. Її мета – сформулювати початкові ідеї та розпочати їх перевірку через тестування, поступово вдосконалюючи їх. Лише таким чином можна створити продукт, який відповідає реальним потребам користувача. Метою дослідження був аналіз основних підходів до опису інновації та творено Canvas-модель для «Додаток для моніторингу здоров’я» та розроблено набір UML-діаграм для подальшої реалізації додатку Всі елементи моделі були створені, заповнені та описані згідно стандартного шаблону. Кожна UML-діаграма описує конкретний процес або підпроцес, який має виконуватися системою. Подальші зусилля будуть направленні на опис функціональних вимог та практичної реалізації додатку;

Перспективи подальших досліджень. Використання Канви допомагає підприємцям краще зрозуміти цінність, яку вони пропонують своїм клієнтам, і визначити ключові аспекти свого бізнесу. Цей інструмент допомагає ефективно використовувати ресурси та розробляти стратегії для зростання та розвитку, а також виявляти нові можливості для інновацій.

Проте, для досягнення успіху важливе глибоке розуміння потреб клієнтів та особливостей ринку, а також готовність до адаптації та змін. Бізнес-модель Канвас слід

розглядати не як кінцевий результат, а як інструмент для постійного удосконалення та розвитку бізнесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародний стандарт фінансової звітності 9 «Фінансові інструменти» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://195.78.68.18/minfin/control/uk/ publish/category/ main?cat_id=408094.

2. Башнянин Г. І. Вісник Львівської комерційної академії / . – П. О. Куцик, Б. Б. Семак, Львів: Вид-во Львівської комерційної академії, 2015. – Вип.49. – 278 с. – (Серія економічна).

3. Палеха Ю. І. Інформаційний бізнес: підручник. ., Горбань Ю.І. Київ: Видавничий дім «Ліра-К», 2015. 492 с.

4. ПЛАХОТНІК О. Конспект лекцій з дисципліни «Економіка інноваційної діяльності» для підготовки здобувачів вищої освіти ІІ (магістерського) рівня всіх технічних спеціальностей. Вкл.: д.е.н., проф. ПЛАХОТНІК О Кам'янське. ДДТУ. 2022. 62 с. Стаття 30

5. Скриль В. В. Бізнес-моделі підприємства: еволюція та класифікація. Економіка і суспільство В. В. Скриль. 2016. № 7. С. 490–497. URL: http://economyandsociety. in.ua / journal/7_ukr/82.pdf.

6. Ревуцька Н. В. Теоретичні аспекти формування бізнес-моделі підприємства. Стратегія економічного розвитку України. 2002. № 6 (13). С. 232–235.

7. Швиданенко Г. О. Формування бізнес-моделі підприємства : навч. посібник / Г. О. Швиданенко, Н. В. Ревуцька. – К.: КНЕУ, 2013. – 423с.

8. Чухрай А. І. Онтологія поняття «бізнес-модель» підприємства / А.В. І. Чухрай // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2012. – No749 : Логістика. – С. 94–103.

9. Смерічевський С. Ф. Інвестиції, практика та досвід. Клімова О. І. Бізнес-модель канва як універсальна концепція управління бізнесом компанії. Економічна наука, с.14 Канва бізнес-моделі як універсальна концепція управління бізнесом компанії / / Інвестиції: практика та досвід. – 2017. – № 9. – С. 11.

10. Osterwalder, A. and Pigneur, Y. (2008), Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, GameChangers, and Challengers, John Wiley & Sons Inc., Нью-Джерсі, Іллінойс, США.

11. Режим доступу: https://www.prostir.ua/?kb=biznes-model-canvas-dlya-hromadskyh-orhanizatsij. Бізнес-модель CANVAS для громадських організацій

12. Режим доступу: https://www.epravda.com.ua/publications/2020/08/1/663610/ Як побудувати прибуткову бізнес-модель Canvas: шаблон і приклади.

13. Режим доступу: https://www.maxzosim.com/business-model-canvas/ Полотно бізнес-моделі.

14. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/ Полотно бізнес-моделі.

15. Режим доступу https://www.culturepartnership.eu/ua/publishing/crossovers-and-fundraising/part-2. БІЗНЕС-МОДЕЛІ ТА ЗОВНІШНІ ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ ТВОРЧИХ СТАРТАПІВ

16 Режим доступу: https://platrum.ru/blog/chto-takoe-business-model-canvas-ili-kak-zapolnit-model-kanva. Що таке Business Model Canvas

17. Режим доступу: https://evergreens.com.ua/ua/articles/uml-diagrams.html UML для бізнес-моделювання: для чого потрібні діаграми процесів

СЕКЦІЯ:

ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

SECTION:

RELIABILITY AND ENERGY SAVING, ENVIRONMENTAL SAFETY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

HYDRAULIC SYSTEM OF EARTH-MOVING MACHINE IS EQUIPPED WITH HYDRAULIC ENERGY ACCUMULATOR

Gorbatyuk Ie. V.
Kyiv National University of Construction and Architecture
(Ukraine)

Introduction. Hydraulic drive has been widely used on lifting, transport, construction, road and reclamation machines. This is facilitated by the advantages of this type of drives, the main of which is the smoothness and uniformity of movement of the working organs, the ability to provide large transfer ratios, the ability to continuously adjust speeds in a wide range, easy conversion of rotational motion to reciprocating and reciprocating, small moment of inertia; providing fast reversing, ease of standardization and unification of main elements, small weight and small dimensions of the equipment, high efficiency, practical instantaneous transmission of commands-pulses, ease of safety devices and their high reliability, ease of control and adjustment, self-sealing equipment.

Hydraulic drive is used in many machines for drive of working gear, wheeled or tracked propeller, outriggers and steering.

Relevance of research. In earthmoving machines, hydraulic accumulators are used to accumulate working fluid energy in hydroautomatic systems, which accumulate energy by deforming elastic elements. In the accumulator, the weight force, elastic force or force of the compressed gas determine the value of the hydraulic pressure, since all forces are in equilibrium [1–4].

The disadvantage of these technical solutions is the low productivity of soil development and hydraulic shocks due to the fact that the hydraulic circuit power accumulator has one working chamber and does not have a movable piston between the working chambers.

Setting the task. The purpose of the work is to develop a model of operation of the hydraulic system of the earth-moving machine equipped with a hydraulic energy accumulator to prevent hydraulic shocks and reduce energy consumption during soil destruction by working bodies.

The task is solved by introducing a hydraulic power accumulator into the design, which allows to recuperate the energy of compressed working fluid and prevents hydraulic shocks.

Research results. Movement of executive bodies of earthmoving machines, especially in case of soil destruction, is subject to many workloads. These workloads can be reduced to one generalizing force F, which affects the hydroautomatic system of the earthmoving machine [5].

When installing a hydraulic power accumulator in the system, the generalizing force begins to interact with the piston of the power accumulator and affect its movement in the hydraulic circuit.

The motion of the mechanical system in the power accumulator of the hydraulic circuit can be described by the Lagrange differential equation of the second kind.

The system in the energy accumulator has one degree of freedom since its position is determined by one parameter. This parameter is the displacement of the center of weight of the piston x.

Since the system under consideration has one degree of freedom, we will have for it the same Lagrange equation of the second kind [6]:

$$F = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial E_k}{\partial x} + \frac{\partial E_p}{\partial x} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}}, \qquad (1)$$

where x – piston movement; E_k – kinetic energy of the system; E_p – potential energy of the system; Φ – dissipative energy of the system.

Compute the generalizing force F that corresponds to the generalizing coordinate x. To do this, we provide a possible movement of the system, which corresponds to a change x in the coordinate by a still small amount ∂x.

The kinetic energy of the system consists of the kinetic energy of the piston (the kinetic energy of the working fluid is zero). The stem moves flat-parallel, so:

$$E_k = \frac{1}{2} m\dot{x}^2, \tag{2}$$

where m – piston weight; $\dot{x}$ – speed center weight piston.

We find derivatives of the kinetic energy of the system:

$$\frac{\partial E_k}{\partial x} = m\dot{x}; \tag{3}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}}\right) = m\ddot{x}; \ \frac{\partial E_k}{\partial x} = 0, \tag{4}$$

where $\ddot{x}$ – acceleration of center of piston weight.

The potential energy of the system is

$$E_p = \frac{1}{2} k(x_i - x_0)^2, \tag{5}$$

where k – spring stiffness factor; x_0 – initial position of center of piston weight; x_i – final position of the center of weight of the piston.

Spring stiffness factor consists of two coefficients:

$$k = k_1 + k_2, \tag{6}$$

where k_1, k_2 – spring stiffness.

The kinetic energy derivative is

$$\frac{\partial E_p}{\partial x} = k(x_i - x_0). \tag{7}$$

Dissipative energy of the system depends on the resistance of the working fluid to compression:

$$\Phi = \frac{1}{2} c(\dot{x}_i - \dot{x}_0)^2, \tag{8}$$

where c – compression coefficient (damping) of liquid; $\dot{x}_0$ – initial speed of working fluid movement; $\dot{x}_i$ – final speed of working fluid movement.

Let's find the derivative of dissipative energy of the system:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}} = c(\dot{x}_i - \dot{x}_0). \tag{9}$$

Substituting equation (4), (7) and (9) into the Lagrange equation of the second kind (1), we find the generalizing force:

$$F = m\ddot{x} - 0 + k(x_i - x_0) + c(\dot{x}_i - \dot{x}_0). \tag{10}$$

Let's bring equation (10) to the geometric parameters of the hydraulic system.

Piston displacement length:

$$L = (x_i - x_0). \tag{11}$$

Piston displacement speed:

$$V = \delta S_{\text{ш}} L, \tag{12}$$

where δ – coefficient of reduction of working fluid volume, which depends on operating pressure in the system; $S_{\text{ш}}$ – piston plane.

$$S_{\text{ш}} = \frac{\pi D^2}{4}, \tag{13}$$

where D – piston diameter.

$$V = \delta \frac{\pi D^2}{4} L . \quad (14)$$

Acceleration of piston movement according to Bernoulli equation:

$$\ddot{x} = \frac{\rho V^2}{2} = \frac{\rho \pi^2 \delta^2 D^4 L^2}{32} , \quad (15)$$

where ρ – working fluid density.

Hence the generalizing force is:

$$F = m \frac{\rho \pi^2 \delta^2 D^4 L^2}{32} + kL + c\delta \frac{\pi D^2}{4} L . \quad (16)$$

The derived equation relates the forces acting on the piston of the hydraulic power accumulator to the geometric parameters of the hydraulic system and the physical parameters of the working fluid.

Conclusions. Thus, the proposed hydroautomatic system of the earthmoving machine is equipped with a hydraulic energy accumulator allows accumulating the potential energy of soil resistance during its development and reducing the energy consumption for soil development without the use of additional energy sources that require periodic replenishment from the outside.

REFERENCES

1. Базові машини будівельної техніки: підручник / Вольтерс О. Ю., Горбатюк Є. В., Русан І. В., Терентьєв О. О., Свідерський А. Т., Делембовський М. М., Куліков О. П. Київ: ЦП Компринт, 2022. 494 с.

2. Road and Bridge Construction Equipment. Satya Narayan Shah: B.Sc. In Mechanical Engineering (India) MS in Manufacturing Engineering & Management (UK), January, 2012, 1 – 112 p.

3. Горбатюк Є. В., Комоцька С. Ю. Особливості роботи електрогідравлічних слідкуючих приводів. Science of XXI century: development, main theories and achievements: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the V International Scientific and Theoretical Conference, January 26, 2024. Helsinki, Republic of Finland: International Center of Scientific Research. 2024. Pp. 195–196. DOI: https://doi.org/10.36074/scientia-26.01.2024.

4. Gorbatyuk Ie. V. Use of fuzzy models in the management of engineering complexes. International scientific-practical conference “Current issues of science, education and technology in modern conditions”: conference proceedings (Aarhus, Denmark, March 12, 2024). Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. Pp. 61–62.

5. Gorbatyuk I. V., Terentyev O O., Rusan I. V., Dolya O. V., Balina O. I. Development of pulsed drives of end working organs of earthmoving machines. Chapter 5. The level of development of science and technology in the XXI century: Innovative technology, Computer science, Architecture, Physics and mathematics, Medicine, Biology and ecology, Agriculture. Monographic series «European Science». Book 22. Part 1. Karlsruhe, 2023. 63-71. DOI: 10.30890/2709-2313.2023-22-01-019.

6. Gorbatyuk Ievgenii. Development of mathematical model of tracking hydraulic stabilizer of earthmoving machine. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: мат. Міжн. наук.-практ. конф., секція 5: Інженерія, енергетика та інформаційні технології в умовах війни та післявоєнній відбудові країни (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ: НУБіП. С. 141–144.

THE INNOVATIVE POST-WELD FINISHING METHOD: TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION POTENTIAL

Łastowska O.
Gdynia Maritime University
(Poland)

The presentation explores the shortcomings of traditional post-weld finishing techniques, particularly grinding with abrasive tools. This method often introduces surface faults such as missed or over-hardened areas, structural notches, and residual stress concentration, which can lead to the formation and propagation of ordinary and fatigue cracks, as well as seizing and other types of damage. Furthermore, manual labor is typically required for grinding, significantly prolonging the finishing process, and making automation impossible. Additionally, grinding poses risks to both human health and the environment. In contrast, the presentation introduces an innovative post-weld finishing method utilizing a multi-edge cutting tool. This method involves moving the cutting tool along the weld bead to flush-remove the machining allowance with the base material surface in a single step. The geometry of the cutting tool allows for efficient finishing of heterogeneous post-weld surfaces with increased hardness. The innovative method offers several advantages, including short machining times, accuracy, efficiency, and cost-effectiveness. The presentation shows results from the study of surface profile parameters and 3D stereometric characteristics of surface roughness using optical methods. Test samples, consisting of S235JR steel butt-welded with MMA, MIG, and TIG methods, were subjected to the innovative finishing process. Residual stress analyses were also performed using X-ray diffraction to assess the method's influence on surface quality. Furthermore, the importance of post-weld finishing in ensuring the quality and reliability of welded joints is emphasized. The presentation details the application of the innovative finishing method on AISI 304L, AISI 316L stainless steels, EN AW-5058 H321, and EN AW-7075 T651 aluminum alloys butt-welded with TIG methods. Quality control was conducted using Penetrant Testing and Radiographic Testing before and after finishing. Metallographic analysis was employed to evaluate changes in microstructure, microhardness, and degree of hardening induced by the innovative post-weld finishing method. Overall, the research highlights the significant potential of the innovative method in improving surface quality and enhancing the performance of welded joints in structural components and machines.

METHODS FOR IMPLEMENTING RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT

Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A.
Ukrainian State University of Railway Transport
(Ukraine)

Introduction. Railway transport plays an important role in the global economy, ensuring the movement of goods and passengers over long distances. However, in the context of growing environmental awareness and the need for efficient use of resources, there is a need for the development and implementation of resource-saving technologies [1].

Relevance of the research. There is a wide range of resource-saving technologies applicable in the railway industry [2, 3]. These technologies include electrification, lightweight materials, intelligent control systems and waste recycling. However, their successful implementation requires collaboration between governments, industry and society, as well as investment in research and development of new technologies.

The studies [4, 5] considers modern trends and innovations aimed at sustainable development of the transport system. Particular attention is paid to electrification and intelligent control systems to reduce energy consumption and emissions of harmful substances.

The studies [6, 7] presents strategies and technologies aimed at reducing resource and energy consumption in the railway industry. The authors analyze various approaches to energy management, including fuel efficiency, route optimization, and the use of alternative energy sources.

Formulation of the problem. It is necessary to find and implement technologies that will create a more sustainable and efficient railway system that can meet the needs of modern society with minimal harm to the environment.

Research of the results. There are several innovations aimed at improving the efficiency and environmental sustainability of railway transport (Figure 1).

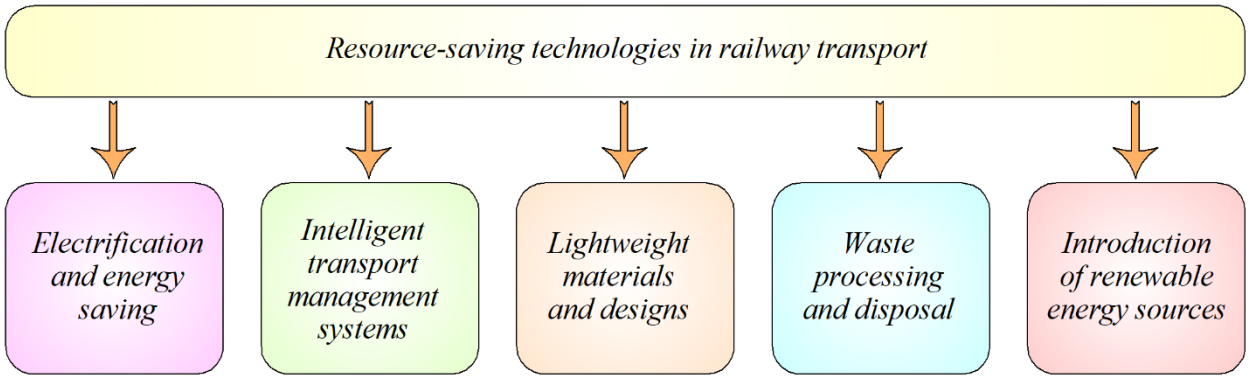


Figure 1 – Resource-saving technologies in railway transport

One of the most effective ways to reduce your environmental impact is to switch from traditional diesel engines to electric systems. Electrification of railway transport can significantly reduce emissions of harmful substances into the atmosphere and reduce dependence on petroleum products.

Energy saving systems also play an important role in improving the efficiency of railway transport. Using regenerative braking converts the kinetic energy released when a train brakes into electrical energy, which can then be used to power other trains or be fed back into the grid.

The use of lightweight materials such as aluminum and composites in the construction of carriages and railway transport infrastructure reduces the weight of trains and, as a result, reduces energy consumption and CO_2 emissions. In addition, innovations in train design improve aerodynamic performance, which also helps reduce energy consumption.

The introduction of intelligent transport management systems makes it possible to optimize routes, travel speed and fuel consumption. Automatic train control technologies can reduce fuel consumption through smoother speed control and optimized braking.

The use of equipment condition monitoring and predictive maintenance systems allows you to identify problems before they occur, which reduces the risk of accidents and malfunctions and increases the service life of equipment.

The use of resource-saving technologies includes not only reducing energy consumption, but also effective waste management and recycling. Many materials used in the railway industry can be recycled and reused, helping to reduce waste and reduce environmental impact.

Introduction of renewable energy sources such as solar panels and wind turbines installed in stations and trains. This can provide energy to various systems such as lighting, air conditioning, etc. And also placed along railway tracks or at stations, can provide electricity to some sections of the railway network.

Conclusion. Resource-saving technologies play a important role in the development of sustainable railway transport. Electrification, the use of lightweight materials, intelligent control systems and waste recycling are all innovations that help reduce resource consumption, lower emissions and improve the economic efficiency of railway transport. The development and implementation of these technologies is a important step towards creating a sustainable and efficient railway transport system capable of meeting the needs of modern society without compromising the environment.

REFERENCES

1. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Research of operating modes and features of integration of renewable energy sources into the electric power system. *2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. 2022. P. 133–138. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969337.

2. Li P., Xue R., Shao S., Zhu Y., Liu Y. Current state and predicted technological trends in global railway intelligent digital transformation. *Railway Sciences*. 2023. Vol. 2, No. 4. P. 397–412. DOI: 10.1108/RS-10-2023-0036.

3. Vatulia G., Lovska A., Myamlin S., Rybin A., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Determining patterns in loading the body of a gondola with side wall cladding made from corrugated sheets under operating modes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 2, No. 7 (122). P. 6–14. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275547.

4. Halim I. T., Fahmy H. M. Research trends, challenges, and future directions in vehicular networks. *2023 20th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*. 2023. P. 1–7. DOI: 10.1109/AICCSA59173.2023.10479290.

5. Padmakala S., Alkawak O. A., Reddy G. V., Narendranathan S. K., Muthuraman M. S., Sendilvelan S. A train with automatic functioning based on IoT with solar energy source. *2023 International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)*. 2023. P. 908–913. DOI: 10.1109/IDCIoT56793.2023.10053403.

6. Shang M., Zhou Y., Mei Y., Zhao J., Fujita H. Energy-saving train operation synergy based on multi-agent deep reinforcement learning on spark cloud. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2023. Vol. 72, No. 1. P. 214–226. DOI: 10.1109/TVT.2022.3205379.

7. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Khoruzhevskyi H. A. Study of the energy parameters of the system “solar panels – solar inverter – electric network”. *4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF-2023). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1254. 012092. P. 1–12. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012092.

СВІТОВА ДИНАМІКА ЗРОСТАННЯ ЕКОАЕРОПОРТІВ

Болдирєва М. О., Шевчук Д. О.
Національний авіаційний університет
(Україна)

Вступ. Нинішня екологічна криза в Україні та світі набула значних масштабів, що не може бути знехтуваним сучасним суспільством як з етичних, так і з матеріальних причин. Так, навколишнє середовище кожного дня забруднюється різноманітними видами промисловості, включаючи й роботу авіаційного транспорту. Це спонукає всіх учасників авіаперевезень залучати екологічно чисті або нейтральні технології та техніки, які знижують викиди CO2, рівень шумів, допомагають скоротити споживання енергетичних ресурсів, а також переробляти відходи. Так, за програмою вуглецевої акредитації аеропортів ACI (Airport Carbon Accreditation), яка була прийнята Міжнародною радою аеропортів у 2009 році, було продемонстровано, що даний перехід можливий, і доводить свою ефективність у різних регіонах світу [1].

Актуальність дослідження. Для України у період важливих змін, вкотре постає питання відновлення авіасполучення, адже розвинута транспортна інфраструктура відіграє велику економічну та соціальну роль для кожної держави. І саме на етапі відбудови інфраструктурних об’єктів, аеропортів та аеродромів, увага до переваг залучення екологічного менеджменту є шляхом для оптимізації та зростання авіаційного сектору нашої країни.

Постановка задачі. Спираючись на той факт, що Україна знаходиться на шляху до входу у Європейський Союз, в державній політиці мають бути враховані всі аспекти, включаючи і захист природничих об’єктів. Саме тому є необхідним усвідомити, які методи та технології при відновленні української цивільної авіації допоможуть оптимізувати аеропортову інфраструктуру без негативного впливу на довкілля, що раніше не приймалося до уваги на фоні значущих політичних подій. На сьогоднішній день є важливим дослідити світові тенденції в авіаційному секторі, що дозволяють істотно скоротити шкідливі викиди у навколишнє середовище та зменшити витрати на експлуатацію аеропортів та аеродромів. Тому метою даного дослідження є огляд вже функціонуючих екоаеропортів та оптимальних методик, які можуть бути застосовані в Україні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематика збереження навколишнього середовища за рахунок зменшення шкідливих викидів та економії енергоресурсів досить довго розглядається зарубіжними та вітчизняними вченими. Вони неодноразово доводили, що сучасні техніки та технології є більш прибутковим та довготривалим рішенням, ніж дотримання класичного керування аеропортами. До того ж, міжнародні організації, такі як ІКАО, регулярно видають рекомендації та директиви, які мають за мету допомогти керівництву аеропортів найоптимальніше впровадити у свою роботу екоініціативи, не тільки в пасажирських терміналах, а і на приаеродромних територіях. Такі дослідники, як Ф. Грік [2], Д. Голуй [3], О.Катерна [4], Г. Агєєва [5], у своїх працях наголошували на величезному негативному впливі авіатранспорту на довкілля та здоров’я людей, однак, наскільки міжнародне співтовариство долучилось до даного виклику, є важливим питанням.

Результати. Для поставленого завдання були використані статистичні дані міжнародних аеропортів, які отримали статус «екоаеропорту» за період з 2009 по 2023 роки.

Впровадження програми Airport Carbon Accreditation передбачає наступні етапи:

- Рівень 1: облік та розрахунок рівня забруднення на території аеропорту щорічно;

- Рівень 2: вивчення та впровадження методів зменшення викидів, які відповідатимуть потребам конкретного випадку;
- Рівень 3: оптимізація та подальше компенсування забруднень, які на початкових етапах було не можливо знизити, залучення третіх сторін та інвестицій;
- Рівень 3+: нейтральність відносно нанесення шкоди екології – повний контроль аеропорту над можливістю компенсування негативних впливів на всіх етапах забезпечення авіаперевезень;
- Рівень 4: трансформація всіх операцій в аеропорті та розробка довгострокової стратегії для повного скорочення шкідливих викидів;
- Рівень 4+: компенсація залишкових викидів, які не контролюються аеропортом, з залученням міжнародно визнаних компенсацій;
- Рівень 5: підтримання абсолютного нульового балансу та максимальне залучення третіх сторін [1].

На графіку (Рис. 1) продемонстровано, що динаміка зростання кількості екоаеропортів є повільною, однак позитивною. Відповідно до прогнозованої стратегії Міжнародної ради аеропортів (ACI), 100 європейських аеропортів мають здобути статус «нейтральних» щодо викиду вуглекислого газу в атмосферу вже до 2030 року [1, 3].

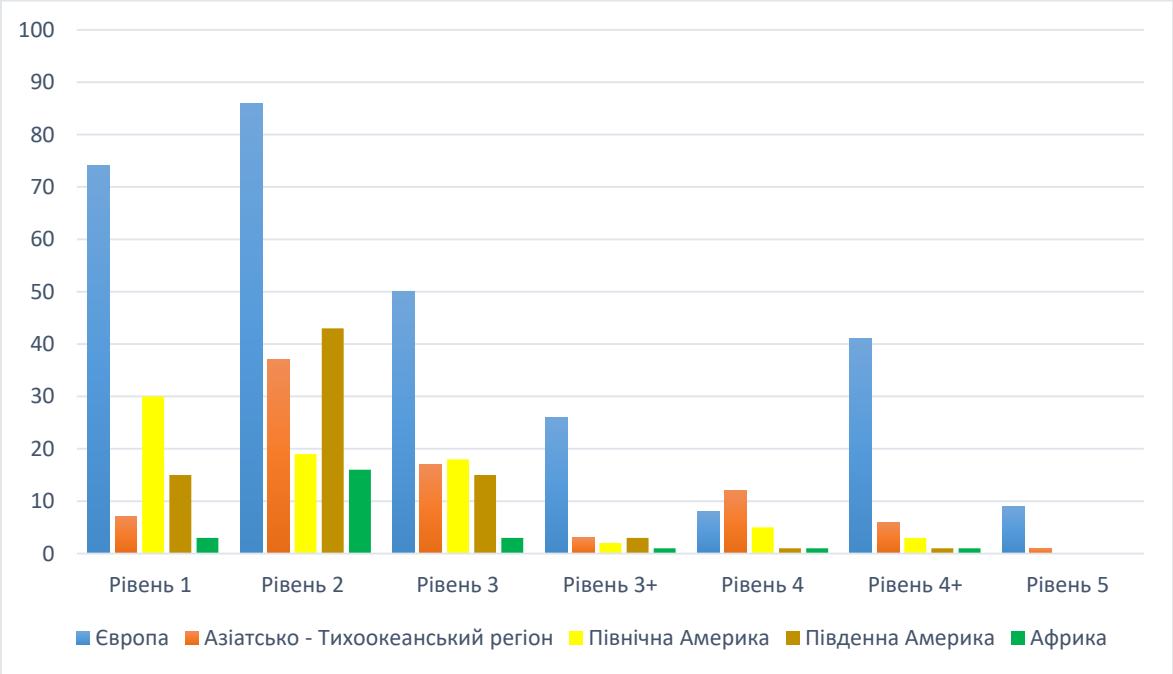


Рисунок 1 – Кількість акредитованих аеропортів за програмою (ACI) за регіонами у світі

На сьогоднішній день, у світі нараховується 299 аеропортів з таким статусом, які взагалі не забруднюють повітря або мають низькі показники викидів вуглекислого газу. За відносно короткий час дана ініціатива набула великих масштабів.

Такий розвиток зумовлений тим, що даний процес переходу є трудомістким та затратним по часу, а також потребує значних інвестицій. Однак враховуючи той факт, що найбільш важливі для авіатранспортного сектору організації, такі як ІКАО, ІАТА, ФАА тощо, займаються регулюванням повітряних перевезень та контролем над дотриманням нових вимог щодо шкідливих викидів, спонукають всіх учасників авіаринку дотримуватись вже визначених правил та планів [2, 3].

Аналізуючи досвід розвитку та роботи авіаперевезень в екоаеропортах, застосовуються комплексні підходи та методи, такі як розробка та використання екологічних матеріалів та джерел енергії, застосування екотранспорту на території аеродромів та терміналів тощо [4, 5].

Висновки. На сьогоднішній день існує достатня кількість можливих варіантів для переходу до статусу екоаеропорту. У світовій практиці протягом останніх років набуває популярності екологічний інструментарій, який довів свою ефективність та функціональність. Отже, при відновленні української авіаційної галузі, актуальним і оптимальним буде застосування стратегії програми Airport Carbon Accreditation.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dube K. (2021). Climate Action at International Airports: An Analysis of the Airport Carbon Accreditation Programme. 10.1007/978-3-030-70952-5_16.

2. Greer F., Rakas J., Horvath A. (2020). Airports and environmental sustainability: a comprehensive review. Environmental Research Letters, 15 (10), 103007.

3. Golui, Dibya. (2020). Environmental Impact of Aviation Industry. 10.13140/RG.2.2.32346.49609.

4. Katerna, O. (2023). Ecotechnological imperative of international airport development. Economic analysis, 33 (3), 101–109. DOI: .https://doi.org/10.35774/econa2023.03.101.

5. Agieieva, G. M. (2019). Decarbonising the activities of airports. Kyiv: Problems of civil environment development, 1 (22), 16–24 [in Ukrainian].

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НОВІТНІМИ ЕПОКСИПЛАСТАМИ

Букетов А. В., Шульга Ю. М., Стрельченко В. Ю., Юренін К. Ю.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Проведений аналіз публікацій у напрямку дослідження властивостей епоксидних композитів (КМ) вказує на необхідність введення у зв'язувач пластифікаторів, модифікаторів та наповнювачів для отримання епоксипластів для відновлення деталей морського транспорту. Причому важливе значення при регулюванні процесів зшивання епоксидних КМ має не лише хімічна і фізична природа, але й вміст та дисперсність часток. Для поліпшення адгезійних властивостей у зв'язувач доцільно вводити дрібнодисперсні частки (8…30 мкм), у той час як для поліпшення когезійної міцності композитів необхідно використовувати дисперсний наповнювач (63…120 мкм). Враховуючи це вважали за доцільне проведення відповідних досліджень зі встановлення впливу природи як модифікатора, так і дисперсного наповнювача на антикорозійні властивості і зносостійкість епоксидних КМ.

Мета роботи – дослідити антикорозійні властивості і зносостійкість багатокомпонентних полімерних покриттів для відновлення деталей транспорту.

Результати досліджень. Як основний компонент для зв'язувача при формуванні матеріалів вибрано епоксидний діановий олігомер. Як модифікатор використано парааміноазобензол. Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін, що дозволяє затверджувати матеріали при кімнатних температурах.

Для протикорозійного захисту технологічного устаткування, яке експлуатують у агресивних середовищах, досліджували розроблені захисні покриття на основі модифікованого епоксидного зв'язувача з трикомпонентним дисперсним наповнювачем, вміст якого визначали попередньо. Випробовували п'ять складів антикорозійних покриттів.

Експериментально встановлено, що сорбція води епоксикомпозитами суттєво залежить від природи та когезійної міцності покриттів. Встановлено, що найбільш водотривкими є композити, наповнені залізною окалиною і частками Waltrop, а композити, які містять частки залізної окалини і Agocel S-2000, відзначаються значною сорбцією води. Отримані результати добре узгоджуються з результатами випробування когезійних властивостей досліджуваних покриттів – найбільш висока водотривкість спостерігається у покриттях зі значною когезійною міцністю і незначними показниками залишкових напружень.

На наступному етапі досліджували зносостійкість під дією гідроабразиву розроблених матеріалів. Аналіз коефіцієнту зносостійкості досліджуваних КМ при куті атаки гідроабразивної суміші 45° дозволяє стверджувати, що в усіх, без винятку, зразках зносостійкість є відносно високою. Експериментально встановлено, що найнижчими показниками коефіцієнту зносостійкості серед усіх досліджуваних композитів відзначається вихідна епоксидна матриця. Показано, що при куті атаки гідроабразиву 45° коефіцієнт зносостійкості матриці становить 1,32. Доведено, що інтенсивність зношування залежить від перебігу двох процесів руйнування: мікрорізання та пластичного деформування. При цьому домінуючий вплив кожного з процесів залежить від когезійної міцності КМ. Методом оптичної мікроскопії доведено, що для матриці характерні два види руйнування поверхневого шару матеріалу: макрорізання і пластичне деформування з подальшим видаленням матеріалу.

Висновки. У роботі розроблені модифіковані епоксидні композитні захисні покриття з поліпшеними антикорозійними властивостями і зносостійкістю в умовах дії гідроабразиву.

Встановлено, що найменшими показниками корозійної тривкості відзначається захисне покриття, модифіковане парааміноазобензолом і наповнене частками суміші нанодисперсних сполук, залізної окалини і Waltrop. Проникність у природних умовах такого покриття впродовж часу 250…300 діб дослідження становить 1,8 %, що у 3,8 разів менше за аналогічні показники вихідної епоксидної матриці.

Обґрунтовано, що найвищими показниками зносостійкості відзначається захисне покриття, модифіковане парааміноазобензолом і наповнене частками суміші нанодисперсних сполук, залізної окалини і Agocel S-2000. Коефіцієнт зносостійкості під дією гідроабразиву такого покриття становить 1,75, що у 1,3 разів більше за аналогічні показники вихідної епоксидної матриці. Показано, що механізм зношування матеріалів зумовлений фізико-механічними процесами на поверхні композитів, визначальними з яких є процеси мікрорізання і пластичного деформування поверхневого шару.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДОВИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ ОЧИЩЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВМІСТУ АЛЮМОСИЛІКАТІВ У ПАЛИВІ

Врублевський Р. Є., Акімов О. В., Алфімов В. О.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Ефективна експлуатація суднових двигунів є ключем до забезпечення безпеки, надійності та економічності судноплавства. Одним з ключових факторів, що впливають на ефективність роботи двигунів, є чистота палива, що використовується. Присутність алюмосилікатів у судновому паливі може призвести до низки проблем, включаючи: зношування та утворення відкладень на деталях паливної системи та циліндро-поршневої групи. Тому потрібно розробити методи та технології очищення та контролю вмісту алюмосилікатів у судновому паливі.

Основна частина. У результаті огляду літератури виявлено, що застосування технологій очищення та контролю за рівнем алюмосилікатів у паливі в суднобудуванні для підвищення ресурсних показників суднових ДВЗ (двигунів внутрішнього згорання) є важливим напрямком розвитку. Незважаючи на деякі досягнення, такі як покращення якості очищення, економії ресурсів та підвищення продуктивності процесу, залишаються невирішені проблеми та очікування.

Основні висновки позначають необхідність подальших досліджень та розробок. Наприклад, потрібно глибше вивчення впливу алюмосилікатів на ресурсні характеристики суднових ДВЗ, розробка методів їх контролю та своєчасного виявлення. Крім того, важливо вирішити проблеми безпеки та контролю якості при застосуванні цих технологій. Таким чином, вихідна еталонна модель є комплексним підходом до контролю за рівнем алюмосилікатів у паливі з урахуванням усіх аспектів ефективності, безпеки та ресурсної економії. Цей підхід дозволить не лише покращити якість експлуатації, а й підвищить загальну ефективність процесу обслуговування суднових ДВЗ та паливоапаратури.

Проблеми дослідження:

• Складність розробки ефективних методів очищення палива від алюмосилікатів.

• Складність розробки точних та надійних методів контролю вмісту алюмосилікатів у паливі.

• Необхідність проведення тривалих та дорогих випробувань для оцінки впливу очищення та контролю вмісту алюмосилікатів на ефективність експлуатації суднових двигунів.

• Необхідність забезпечення сумісності розроблених методів та технологій з існуючими системами суднового палива.

• Необхідність схвалення з боку міжнародних організацій та регулюючих органів.

Інші потенційні цілі дослідження:

• Вивчення впливу алюмосилікатів на різні компоненти суднових двигунів.

• Розробка методів захисту суднових двигунів від негативного впливу алюмосилікатів.

• Вивчення впливу очищення та контролю вмісту алюмосилікатів на екологічні показники судноплавства.

Очікується, що результати дослідження матимуть істотне значення для підвищення ефективності експлуатації суднових двигунів, безпеки судноплавства, зниження економічних витрат та покращення екологічної ситуації.

Дослідження складатиметься з двох практичних експериментів, а саме:

1) У першому експерименті пропонується дослідити кількість алюмосилікатів у паливі за допомогою відповідного суднового обладнання протягом різних погодних умов,

а також при поворотах або розворотах судна. Результати заносяться до таблиці та аналізуватимуться.

2) Другий експеримент передбачає створення додаткової системи автоматичних фільтрів пов'язаних у логічну мережу з паливо підготовчою апаратурою, а саме з сепаратором, для вдосконалення системи очищення палива та контролем за рівнем алюмосилікатів у паливі.

Висновок. Поліпшення контролю за рівнем алюмосилікатів у судновому паливі призведе до ряду позитивних ефектів, які призведуть до підвищення ефективності експлуатації суднових двигунів, таких як: зниження зношування компонентів двигуна, зменшення засмічення фільтрів та форсунок, зниження утворення відкладень, зниження витрат палива, зниження викидів шкідливих речовин, збільшення терміну служби двигуна. Підвищення екологічності судноплавства, а саме: зниження викидів шкідливих речовин, зниження забруднення довкілля.

ЛІТЕРАУРА

1. Врублевський Р. Є., Дзигар А. К., Сатулов А. І., Волкова А. С. Зниження викидів NO_x завдяки використанню водно-паливної емульсії приготовленої розробленим роторно-пульсаційним апаратом. Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. – К.: ДУІТ, 2024. – Випуск 1 (39). – С.124 – 136. https://doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.12.

2. Vrublevskyi, R., Gritsuk, I., Bulgakov, M., Saraieva, I., Savchuk, V. «Intelligent Control System of Magnetic-Impulse Parts Processing in Ship Repair Production», SAE Technical Paper 2021 https://doi.org/10.4271/2021-01-5096.

3. Smirnov, O., Borysenko, A., Marchenko, A., Gritsuk, I., Litikova, O., Parsadanov, I., Kalinin, E., Ahieiev, M., Volodarets, M., Samarin, O., Vrublevskyi, R., Khudiakov, I., et al., «New Concept for Creating a Vehicle Hybrid Power Units», SAE Technical Paper 2020, https://doi.org/10.4271/2020-01-2248.

4. Buketov A. V., Smetankin S. O., Yakushchenko S. V., Yurenin K. Yu., Sotsenko V. V., Brailo M. V., Kulinich V. G., Sapronov O. O., Kulinich A. G., Vrublevskyi R. E., Bezbakh O. M. «Physical/mechanical properties of epoxy composites filled with carbon black nanodispersed powder for protection of transport vehicles», Composites: Mechanics, Computations, Applications, 2021, 12(2), p. 1–12.

5. https://www.alfalaval.com/industries/marine-transportation/marine/fuel-oil-treatment/fuel-line/marine-fuels-in-the-low-sulphur-era/.

6. https://officerofthewatch.com/2013/05/24/engine-worn-out-by-catalytic-fines/.

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ У ВМС ЗС УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Гусєв Р. О., Ардаковська О. В.
Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум» Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

Вступ. Відомо, що Чорне та Азовське моря знаходяться в стані екологічної кризи ще з середини XX століття, яка почала дещо пом'якшуватися з кінця 90-х років. Але з початком повномасштабного вторгнення екологічний стан Азово-Чорноморського регіону різко погіршився і в деяких місцях набув катастрофічного масштабу. В цих непростих обставинах постало нагальне питання екологізації ВМС ЗС України, як одного із чинників екологічної небезпеки.

Актуальність досліджень. Значимість захисту морського середовища та екологічного планування діяльності вже визнано військово-морськими силами всіх розвинутих держав світу, таких як США, Канада, Великобританія, Австралія, Німеччина. Це доводиться введенням екологічних програм у ВМС, директив з управління якістю довкілля в ході повсякденної та бойової діяльності, політики з охорони довкілля і правил дотримання природоохоронним норм і правил, зокрема правил Конвенції МАРПОЛ 73/78. В цих державах постулюється екологічний підхід до морської діяльності, який передумовлює більшу вагомість природоохоронної компоненти.

Постановка задачі. Метою даних досліджень є вивчення проблемних питань екологічної безпеки у ВМС ЗС України та шляхів їх вирішення.

Результати досліджень. Широкий спектр військової діяльності на суходолі та на морі ставить під загрозу морські та прибережні екосистеми України. Визначення справжнього впливу війни на екологію Чорного і Азовського морів, лиманів і водно-болотних угідь буде можливим тільки після завершення бойових дій та деокупації України, будуть потрібні подальші комплексні дослідження, адже морські та прибережні екосистеми ще до початку війни зазнали низки навантажень від людської діяльності, таких як забруднення, надмірний вилов риби, інвазії чужорідних видів та змін клімату, внаслідок чого негативні впливи можуть бути істотними.

Основні наслідки війни для прибережних і морських екосистем включають хімічне та акустичне забруднення, фізичне пошкодження природних оселищ та занепад природоохоронної діяльності. Військові дії також перешкоджають екологічному моніторингу та управлінню Чорним і Азовським морями. Пошкоджені об'єкти промисловості та населені пункти можуть бути важливими джерелами хімічного забруднення прибережного та морського середовища. Післявоєнне відновлення України обов'язково включатиме відновлення порушених війною екосистем Азово-Чорноморського регіону, яке буде неможливим без екологізації військово-морської діяльності.

Екологічна небезпека від кораблів та суден ВМС складається з експлуатаційної та аварійної складових, також від проведення бойових дій [1]. Стосовно до судноплавства можна говорити про експлуатаційні скиди, забрудненні в результаті аварій і захоронення відходів у море. Експлуатаційне забруднення пов'язане з нормальною експлуатацією різних механізмів, в результаті якої відбувається автоматичний викид забруднюючих речовин. Сюди входять навмисні скиди відходів, що утворюються в процесі експлуатації судна, наприклад, очищення вантажних танків, лляльні води, господарські і фекальні води і т. п. Для усунення або зменшення таких скидів встановлюються норми і стандарти, які стосуються конструкції та обладнання кораблів та судів, а також санкції до винних осіб за навмисні скиди, що не викликані необхідністю. Аварійне (випадкове) забруднення, як правило, викликається різними інцидентами, які неможливо заборонити. Наприклад, через

зіткнення, посадки на мілину, випадків зі зброєю. Вживаються заходи щодо недопущення таких інцидентів або зменшення пов'язаних з ними шкідливих наслідків. Для цього передбачається встановлення відповідних стандартів конструкції і устаткування кораблів і судів, необхідних вимог до кваліфікації членів екіпажу, а також вжиття заходів для швидкого усунення та ліквідації наслідків аварійного забруднення. Захоронення відходів у море в даний час стосується лише заборони скидів найбільш небезпечних відходів та правової регламентації видалення в море інших відходів. Повна же заборона захоронення всіх відходів в море або їх повна переробка поки неможливі. Газоподібні та аерозольні відходи, що утворюються в процесі експлуатації дизельних двигунів кораблів (суден), постійно надходять у атмосферне повітря, вступають у хімічні перетворення та осідають, в кінці кінців, на поверхню моря.

Російсько-українська війна стала новим випробуванням для екологічної системи України. В процесі ведення бойових дій і великомасштабних військових навчань виникає, так званий, військовий (беллігеративний) ландшафт. Він характеризується широким поширенням мілкобугорчатого рельєфу, що виникає в результаті утворення численних воронок, улоговин і насипів від вибухів, а також дрібних негативних і позитивних форм рельєфу. Останні формуються при проведенні військово-інженерних заходів (будівництво насипів доріг, укріплених районів, підземних сховищ, ходів сполучення і т. д.). Спостерігається майже повне руйнування лісових насаджень, трав'янистого та ґрунтового покриву. Поширення військових ландшафтів призвело до формування величезних площ земель, непридатних до використання. Під впливом військового фактору змінюються не тільки ландшафти суші, але й морського дна. Рельєф морського дна піддається суттєвим змінам внаслідок будівництва портів, заглиблення їх акваторій та підхідних каналів, гідротехнічних споруд, а також внаслідок дії дуже специфічного чинника притаманного бойовим діям – вибухових робіт (стрільб, підривах мін, торпед и т.п.).

Під час війни утворюється значна кількість відходів, які є специфічними тільки для бойової і навчальної діяльності. Активне використання озброєння та військової техніки характеризується цілим спектром хімічних забруднювачів, які становлять небезпеку для здоров'я людини чи довкілля внаслідок їх хімічних та біологічних властивостей. Ступінь небезпеки пов'язана з їхньою кількістю, концентрацією, біодоступністю і фізичним станом. Ці хімічні компоненти можуть бути присутні або виникати при застосуванні противником повітряних суден, кораблів, боєприпасів та безпілотних літальних апаратів. Це пов'язано з тим, що складові озброєння, можуть містити небезпечні речовини, які вивільняються в довкілля при використанні або руйнуванні самого озброєння. Перш за все, це продукти перетворення і залишки вибухових речовин, ракетні палива, нафтопродукти і продукти горіння військової техніки, металеві уламки і т.д.

Під час військової діяльності на екосистеми здійснюється дуже потужний вплив низки фізичних впливів внаслідок використання озброєння та військової техніки. Це стосується ударних хвиль, сильних акустичних і електромагнітних впливів, які проявляються під час нанесення ворогом ракетних ударів, використання гідролокаторів, застосуванні і знищення боєприпасів тощо. Морська біота дуже чутлива до акустичного і електромагнітного забруднення внаслідок того, що велика чисельність морських тварин має слабкий зір і користується переважно акустичними або електромагнітними рецепторами для отримання інформації з водного середовища, включаючи відтворення, харчування, уникання небезпеки хижаків та навігація. Небажаний шум покриває велику площу і перешкоджає тому, щоб риби і морські ссавці чули свою здобич або хижаків, находили свій маршрут і спілкувалися з родичами, членами групи і потомством. Стосовно електромагнітного впливу, то високу чутливість до нього мають морські риби.

Ще з початку березня, коли розпочалися активні бойові дії і на морі, вчені чорноморських країн почали фіксувати випадки масової загибелі дельфінів. Такі дані вже відомі для берегів України та Туреччини, де на берег викинуло надзвичайно багато дельфінів-білобочок, що є рідкісним випадком для тих берегів. Мертвих, а також

дезорієнтованих дельфінів, які мали рани і великі опіки, які найбільш ймовірно вони могли отримати внаслідок вибухів, знаходили на узбережжі Болгарії та Румунії. Вчені говорять, що масова загибель дельфінів в Чорному морі може бути результатом поєднання відразу кількох чинників і потрібні детальні обстеження, але попередні дані вже свідчать, що дельфіни Чорного моря є ще одними невинними жертвами цієї війни. За оцінками національного природного парку «Тузлівські лимани» через війну загинуло 50 000 китоподібних.

На перспективу післявоєнної розбудови ВМС ЗС України мають вирішуватимуться наступні питання екологізації діяльності [2], які зменшать техногенне навантаження на довкілля і дадуть можливість самовідновленню порушених війною екосистем:

– забезпечити дотримання екологічних норм суднами і кораблями щодо запобігання забруднення морського середовища твердими відходами, нафтовмісними водами, стічними водами, небезпечними матеріалами шляхом впровадження екологічно безпечних методів і установок, технічного обслуговування і використання суднового обладнання;

– розробити і запровадити відповідні науково обгрунтовані заходи для захисту морських ссавців під час навчань на морі;

– здійснювати програми захисту екосистем моря, особливо акваторій, що становлять велику екологічну цінність;

– здійснювати безпечне очищення небезпечних місць від залишків боєприпасів для майбутнього повторного використання;

– вивчати і розробляти нові, більш екологічні технології для проектування і технічного обслуговування обладнання;

– створення і впровадження системи екологічного менеджменту для всіх об’єктів ВМС;

– проводити оновлення і переобладнання кораблів з урахуванням вимог Конвенції МАРПОЛ, а в разі неможливості – поступово виводити їх з експлуатації;

– забезпечення дотримання екологічних вимог при проектування, будівництві, експлуатації, технічному обслуговуванні, ремонті і утилізації кораблів ВМС.

Висновки. Подальший розвиток Військово-Морських Сил Збройних Сил України в післявоєнний період має проводитись з урахуванням новітніх екологічних вимог, які вже запроваджені у військово-морську діяльність держав-членів НАТО. Це дозволить не тільки не погіршувати існуючий стан прибережних і морських екосистем, а й сприяти процесам їхнього самовідновлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Підходи до класифікації відходів, які утворюються на кораблях військово-морських сил, та заходи для попередження забруднення моря / А. М. Сорокін, С. М. Чумаченко // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2010. – Вип. 1. – С. 154–157.

2. Ардаковська О. В. Запобігання погіршенню стану навколишнього середовища в місцях базування ВМС за досвідом країн-членів НАТО. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – Одеса: ВА, 2020. – Вип. 2(14). – Ч. ІІ. – С. 68–75.

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОГО МАРШРУТУ ПЕРЕХОДУ СУДЕН З УРАХУВАННЯМ ПРОГНОЗУ ПОГОДНИХ УМОВ ТА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА

Дудченко С. В., Макарчук Д. В., Литовченко В. І., Ісайчєв А. Г., Жмур В. М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Проблемам підвищення ефективності планування маршруту руху судна з урахуванням прогнозу погодних умов останніми роками приділяється особлива увага як в наукових колах, так і в галузі судноплавства. Оптимальний маршрут судна, що враховує гідрометеорологічні умови має мінімізувати певний показник або критерій, а саме, мінімізацію експлуатаційних витрат, споживання палива або ризику для судна та вантажу. У роботі показано удосконалений метод формування безпечного оптимального маршруту переходу суден, оптимального щодо витрати палива.

Актуальність дослідження. Проблеми формування безпечного оптимального маршруту переходу суден з урахуванням прогнозу погодних умов, оптимального щодо витрати палива, є предметом інтенсивних досліджень. У роботі [1] виконано огляд досліджень формування безпечного оптимального маршруту переходу суден з урахуванням прогнозу погодних умов, пояснюючи основні методологічні підходи та ключові дисципліни, які займаються цією проблемою. У статті [2] наведено метод маршрутизації суден з урахуванням метеорологічних умов, який здатен формалізувати невизначеностей прогнозів погоди при оптимізації маршруту. У даному методі застосовано алгоритм w-MOEA/D, що включає моделювання особи, що приймає рішення, за допомогою відношення w-домінування. Одночасна оптимізація курсу та швидкості судна для всього маршруту переходу в рамках розрахункового часу прибуття, для безпечного та енергоефективного плавання розглянута в роботі [3]. Автори пропонують створювати динамічну модель морського простору з наборами гідрометеорологічних даних, що витягуються із записів попередніх подорожей, які на основі двох моделей штучної нейронної мережі прогнозують швидкість витрати палива та режим роботи рушія.

Постановка задачі. З розвитком морського транспорту та підвищенням рівня морських перевезень до вибору енергоефективних маршрутів переходу приділяється все більше уваги в судноплавній галузі. Це зумовлено тим, що судноплавство споживає близько 5% світового видобутку нафти, що складає приблизно 4–5 мільйонів барелів нафти на день [1]. Тому розробка підходів щодо оптимізації навігації для зниження витрати палива є нагальною потребою при розробці систем планування та управління рухом судна. За сприятливих погодних умов у межах обмежень, що накладаються морськими шляхами, оптимальний маршрут розраховується як локсодром (або ортодром), в якому витрата палива є мінімальною. При такому підході використовуються табличні значення впливу зовнішніх факторів та параметрів судна на характеристики руху судна. Основною проблемою є те, що при погіршенні гідрометеорологічних умов у районі плавання складність та вплив навігаційної обстановки на рух судна апріорі невідома. А під час плавання в складних гідрометеорологічних умовах необхідно дотримуватися критеріїв безпеки, які захищають цілісність судна та вантажу. Тому необхідний надійний та ефективний алгоритм динамічної оптимізації, який можна виконувати в режимі реального часу для визначення оптимальної швидкості та курсу судна. Звідси випливає, що вибір паливно-мінімізаційного маршруту судна з урахуванням прогнозу погодних умов є актуальним завданням.

Витрата палива на морських суднах залежить від багатьох факторів, таких як тип судна, його розміри, швидкість, вантажопідйомність, умови плавання (погодні умови, морська поверхня та ін.), а також стан судна та роботи його двигунів. Основні підходи, які

використовуються для вирішення проблеми прокладки маршруту з урахуванням гідрометеорологічних умов включають ізохронний метод, динамічне програмування, варіаційне числення, використання алгоритмів пошуку шляху та евристики. Широкого розповсюдження за останні роки набуло застосування штучного інтелекту та машинного навчання. На відміну від моделей, які використовують гідродинамічні рівняння руху судна та обчислювальні методи, при застосуванні клітинних автоматів не доводиться мати справу з оцінками точності розрахунку, збіжністю процедур та стійкістю чисельних схем. На кожному кроці обчислень (вироблених у момент часу t) клітинний автомат обходить весь масив клітин і переводить його в інший стан. Застосування моделей систем на основі клітинного автомату зумовлюється тим, що для їх функціонування необхідно описати множину станів клітин та функцію переходу між ними. Проте чіткі моделі не охоплюють всіх можливостей застосування клітинних автоматів. Тому перспективним є розробка моделей клітинних автоматів з нечітким управлінням на основі математичного апарату нечітких множин та нечіткої логіки.

Результати досліджень. Для спрощення планування переходів суден на великі відстані розглянемо його дискретний варіант. Це зумовлено тим, що прогноз погодних умов, що використовується як вихідні дані, має природне дискретне представлення в часі та просторі. Основними обмеженнями, що визначають вибір маршрутів, є перешкоди (ділянки суходолу мілководдя), а також вимоги безпеки плавання.

Рекомендований маршрут (W_i^{rec}) – це маршрут, який не містить ділянок, що проходять через перешкоди або не забезпечують виконання вимог безпеки плавання [12]. Допустимість рекомендованого маршруту залежить від типу, технічних характеристик і завантаження судна. На безпеку плавання також впливають погодні умови та вибір швидкості та курсу під час проходження ділянки маршруту.

У свою чергу, W_i^{rec} можна описати:

$$W^{rec} = \left\{ Cord_{st}^{W^{rec}}, Cord_{fin}^{W^{rec}}, Cord_i^{W^{rec}}, \mathrm{wid}^{W^{rec}} \right\}, \quad (1)$$

де $Cord_{st}^{W^{rec}}, Cord_{fin}^{W^{rec}}, Cord_i^{W^{rec}}$ – координати початкового, кінцевого та проміжних (поворотних) пунктів шляху;

$\mathrm{wid}^{W^{rec}}$ – ширина шляху.

Оптимальним маршрутом переходу судна вважається безпечний маршрут, для якого досягаються високі значення критеріїв якості. Такими критеріями можуть бути:

– економія палива;

– зниження часу плавання;

– відповідність часу плавання заданому у плані переходу.

Економія палива є критерієм, що застосовується при формуванні безпечного оптимального маршруту переходу судна за умови, якщо рейсове завдання допускає зниження швидкості судна. Для цього судноводій переводить параметри руху судна у режим економічної швидкості V_e^{sh}.

Економічна швидкість V_e^{sh} – це швидкість, при якій, забезпечується максимальна економія паливно-мастильних матеріалів. Проте, мають дотримуватися такі умови:

– наявність резерву ходового часу, що дозволяє судну своєчасно прибути в порт призначення;

– тривала робота на цьому режимі не призведе до зниження надійності енергетичної установки.

Основним показником економічності під час вибору V_e^{sh} приймається шляхова витрата палива g_{wr}^{sh} (при $V^{sh} > 0$):

$$g_{wr}^{sh} = \frac{G_{wr}^{sh}}{V^{sh} \cdot t_{wr}^{sh}}, \tag{2}$$

де G_{wr}^{sh} – нормативна витрата палива на проходження судном ділянки маршруту;

V^{sh} – швидкість руху судна на заданій ділянці маршруту;

t_{wr}^{sh} – час проходження судном на заданій ділянці маршруту.

Нормативна витрата палива на проходження судном ділянки маршруту G_{wr}^{sh} приймається за розрахованими заздалегідь таблицями. Слід враховувати, що значення для цих таблиць розраховуються для судна, в якого корпус, головні двигуни, допоміжні механізми, гребні гвинти (рушії) перебувають у справному технічному стані. Системи та механізми судна обслуговуються кваліфікованим персоналом. Нормативні витрати пального вимагають дотримання розрахованих режимів руху судна.

На економічність витрати палива впливають як експлуатаційні фактори [13]:

– температурний режим двигуна;
– режим роботи двигуна;
– зноси вузлів та деталей;
– технічний стан,

так і зовнішні чинники та умови руху судна:

– напрям та швидкість вітру;
– напрямок поширення, період та висота вітрових хвиль;
– напрямок поширення, період та висота зиби;
– напрям і швидкість течії,

що впливають на фактичну швидкість V^{sh} судна.

Для дискретної метричної решітка автомата застосовано гексагональну решітку, оскільки у клітини гексагональної клітини сусідні клітини входять в область Неймана (рис 1).

Рис. 1 – Гексагональна решітка нечіткого клітинного автомату

FCA модель формування безпечного оптимального маршруту переходу суден з урахуванням прогнозу погодних умов, оптимального щодо витрати палива передбачає поділ району плавання:

$$MR = \sum_{1}^{n} W_i^{rec}, \tag{8}$$

в якому здійснюється перехід судна на комірки (рис. 2).

Рис. 2 – Гексагональна решітка нечіткого клітинного автомату

Розміри комірок відповідають відрізкам маршруту однакової довжини за дискретні кроки у часі. Дані комірки формують дискретну метричну решітку автомату. Положення судна, його швидкість та інші параметри середовища фазифікуються.

Стан кожної клітини $s_i \in S$ в момент часу t описується лінгвістичною змінною "шляхова витрата палива", що приймає значення, "низька", "середня", "висока". Ці значення кількісно задаються деякими нечіткими підмножинами g_{wr}^{low}, g_{wr}^{mid}, g_{wr}^{high} універсуму S за допомогою векторних функцій приналежності $\mu_{g_{wr}^{low}}(s)$, $\mu_{g_{wr}^{mid}}(s)$, $\mu_{g_{wr}^{high}}(s)$. На додаток до нечіткого стану клітини, що визначає її стан, кожна клітина може бути охарактеризована декількома властивостями, що становлять відповідні змінні навігаційної обстановки середовища в точці, пов'язаної з клітиною. Ці властивості використовуються функцією переходу клітинного автомата для того, щоб змоделювати зміни шляхової витрати палива при різних зовнішніх факторах. Наприклад, кожна клітина характеризуватиметься напрямком та швидкістю вітру, напрямком поширення, періодом та висотою вітрових хвиль, напрямком та швидкістю течії. Судно описується його станом та швидкістю. Стан визначає характеристики судна (режим роботи двигуна, зноси вузлів та деталей, технічний розміри судна). Усі ці величини виражаються деякими нечіткими множинами.

Висновки. В роботі удосконалено метод формування безпечного маршруту переходу суден, оптимальний щодо витрати палива, який, на відміну від відомих, базується на традиційних клітинних автоматах і математичному апараті нечітких множин та нечіткій логіці в процесі прийняття рішень та оцінці впливу погодних умов на ефективність руху. Запропонований підхід використовує систему продукційних правил та функції приналежності для визначення стану клітин нечіткого клітинного автомату та функції переходу між ними. Можливість використання нечіткої логіки для побудови клітинного автомата забезпечує моделювання системи (судно-середовище), що дозволяє:

– враховувати нечіткі вхідні дані, що безперервно змінюються в часі (динамічні завдання), значення, які неможливо задати;

– формалізувати критерії оцінки та порівняння;

– проводити якісні оцінки як вхідних даних, так і вихідних результатів: оперування як значеннями даних, а й їх ступенем достовірності та її розподілом;

– враховувати досвід та знання судноводіїв в оцінці якості процесів, що відбуваються, коли неможливо здійснювати точні математичні обчислення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zis, Thalis & Psaraftis, Harilaos & Ding, Li. (2020). Ship weather routing: A taxonomy and survey. Ocean Engineering. 213. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.107697.

2. R. Szlapczynski, J. Szlapczynska, R. Vettor (2023). Ship weather routing featuring w-MOEA/D and uncertainty handling. Applied Soft Computing. Volume 138, 123–140pp. DOI: 10.1016/j.asoc.2023.110142.

3. Y. Li, J.Cui, X. Zhang & X. Yang (2023). A Ship Route Planning Method under the sailing time constraint. Journal of marine science and engineering. Volume 11, 1–25pp. DOI: 10.3390/jmse11061242.

АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШВИДКІСНИХ ПОРОМІВ ІЗ ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ І ГАЗОВИМИ ТУРБІНАМИ

Єрмошкін Н. Г. *професор,* ***Лабунець В. О.*** *л-нт,* ***Косотуров А. Г.*** *л-нт*
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія», м.Одеса (Україна)

У 60-х роках розквіт міжнародного туризму послужив поштовхом до створення і розвитку індустрії перевезень швидкісними поромами. Розпочата в 60-х роках тенденція збільшення швидкості і місткості поромів триває донині.

Жорсткі вимоги висуваються до встановлюваних енергетичних установок: розмір, вага, гучність, рівень вібрації, ціна, економічність, можливість застосування різних сортів палива, надійність, експлуатаційні витрати тощо.

Прикладом успішної діяльності може послужити досвід фірми "GEC Alsthom Ruston Diesel", яка в 1990 р. встановила на високошвидкісному поромі "Hover speed Great Britain" чотири 16-циліндрових дизелі "Ruston" тип* RK-270 потужністю по 3650 кВт кожний, що перевершило рекорд швидкості перетину Атлантичного океану. На наступних двох поромах було встановлено двигуни потужністю 4050 і 5500 кВт. Відповідно фірма "Ruston" змогла збільшити одночасно і швидкість обертання дизелів від 750 до 1000 об/хв. Для останнього 84-метрового судна "Incat Tas- mania" "Ruston" випустила 20-циліндрову модифікацію дизеля RK-270, який розвивав потужність 7080кВт за швидкості обертання 1030 об/хв. З вище зазначеного протягом п'яти років потужність головних двигунів швидкісних суден збільшилася вдвічі.

Збільшення потужності дає судновласнику перевагу в швидкості зі збільшенням прибутку за рахунок оборотності поромів. Скорочення часу рейсів (менше чотирьох годин) дасть змогу відмовитися від окремих кают для пасажирів. Для порома на 1500 пасажирів кількість обслуговуючого персоналу може бути скорочено з 600 до 200 осіб. З огляду на попит на малогабаритні енергетичні установки підвищеної потужності, набули розвитку різні види двигунів, зокрема й газові турбіни (ГТД) та комбіновані установки ДВЗ – ГТД. Багато відомих світових виробників ГТД ефективно працюють на ринку поставок сучасних, вдосконалених двигунів для швидкісних поромів і суден для високошвидкісних перевезень пасажирів.

Шведська судноплавна компанія "Stena AB", що лідирує за кількістю суден з ГТД, володіє поромом проєкту HSS-1500, оснащеним ГТД LM 2500 і LM 1600 фірми "General Electric", а також поромом меншого розміру проєкту HSS-900, де встановлені два ГТД "ABB Stal" GT-35. Катамаран HSS - 1500 (довжина 127) був побудований у м. Раума (Фінляндія). Він призначений для перевезення 1500 пасажирів і 375 легкових автомобілів (або 100 легкових і 50 вантажних автомобілів) зі швидкістю 40 вузлів і більше. Для експлуатаційної гнучкості пором оснащений здвоєними турбінними установками, що працюють за схемою "Батько – син", які забезпечують загальну потужність 68 МВт. У кожному корпусі катамарана встановлена зв'язка з цих турбін, з'єднаних з редуктором, який, своєю чергою, приводить у рух два водоструменеві рушії фірми "KaMeWa" потужністю 16,8 МВт кожен. Перше з трьох суден типу HS-1500 "Stena Explorer" передано замовнику і працює в Ірландському морі. Пором здійснює щодня чотири, а влітку і в пік відпусток - п'ять рейсів.

Відстань 55 миль судно долає за 99 хвилин при плаванні в денний час. Витрата палива становить 43 т газойлю на круговий рейс.

Новий 88-містровий пором HSS-900 побудований фірмою "Westamarin" у Крістіансанді (Норвегія). На судні встановлено два ГТД GT-35 виробництва "ABB Stal", кожен потужністю 17МВт. ГТД приводять у рух два керованих водометних рушія "KaMeWa". Двигуни, встановлені на цьому судні, становлять інтерес тому, що ці ГТД

виготовлені на базі стаціонарних для роботи в морських умовах. Ці ГТД розраховані для роботи на різних видах палива. З огляду на те, що ГТД GT-35 можуть задовільно працювати на важких дистилятних паливах, саме їх і вибрали для встановлення на пороми типу HSS-900. Можливість використання важких сортів палива компенсуватиме збитки, пов'язані з підвищеною витратою палива порівняно з дизелями або ГТД літакових двигунів, пристосованих для роботи в суднових умовах. ГТД GT-35 мають великі камери згоряння і знижену температуру газів перед турбіною. Зниження температури газів нижче за температуру плавлення сульфату натрію (884° С), передбачене для того, щоб будь-яка його кількість, що утворилася під час згоряння (сірка з пального, що сполучається з сіллю з повітря), проходить через турбіну у вигляді золи, не спричиняючи відкладень. За заключенням компанії "ABB", моторесурс турбіни становить 60000 годин при роботі на дизельних паливах. Під час роботи на важких дистилятних моторесурсах моторесурс досяг 40000 годин, після чого проводять ремонт першої ступені, що піддається постійно високій тепловій напрузі. Перший ремонт, що передбачає заміну всіх лопаток, проводять після 60-80 тисяч годин роботи.

Багато фірм, як-от "Solar Taurus", також стали адаптувати ГТД стаціонарного типу для роботи на людських суднах.

Подвійні ГТД, кожна потужністю 4890кВт, приводять у рух пороми типу "Tricat", побудовані компанією "FBM". Цей тип суден розвиває швидкість від 30 до 50 вузлів і здійснює рейси між Макао і Гонконгом. Фірма "Rolls-Royce", яка в більшій кількості постачала ГТД для військового кораблебудування, запропонувала для цивільних суден версію ГТД типу "Spey". Двоступеневий ГТД потужністю 18 МВт має частоту обертання 5000 об\хв. ГТД відрізняють хороша економічність, компактність і невелика вага. Маса всього пропульсивного комплексу "Spey" становить 17,5 т, що приблизно на бт менше маси його військової версії. Полегшення встановлення було досягнуто без змін газогенератора, силової турбіни та основних систем. Всі основні вузли залишені такі ж, як і у випробуваній військовій моделі ГТД. Таким самим шляхом розвитку ГТД пішла фірма "BMW". Але все ж за економічністю ГТД поступаються дизелям і виграють у вартості запчастин і технічному обслуговуванні. Однак подальший розвиток турбобудування шляхом вдосконалення установок, що працюють із проміжними охолоджувачами і за регенеративним циклом, призведе, врешті-решт, до того, що за споживанням дешевих сортів палива, високо-якісних жаростійких матеріалів для виготовлення теплонапружених робочих деталей, ГТБ і дизелі зрівняються, навіть у режимі часткових навантажень. Проте, для використання ГТД або ДВЗ, для швидкісних поромів на певних ліпіях, вибір ГТД і ДВЗ залишається спірним. У галузях дизелебудування виділяються високооборотні дизелі фірми "MTU". Австралійською верф'ю "Ferries Australia Pty Ltd", був побудований 82-метро-вий (катамаран) пором "Delphin", і було встановлено на ньому чотири 20-циліндрових дизелі "MTU" типу 1163TB73 (по два ДІЗ у кожному корпусі) потужністю 6000 "Вт кожний і швидкістю обертання 1200 об\хв, що через редуктор "Reintjes" приводять у дію водоструменеві рушії "KaMeWa". Судно розвиває швидкість 36 вузлів і перевозить 600 пасажирів і 175 легкових автомашин. Так само ДВЗ "MTU" встановлювали на пороми типу "MDV - 1200 Pegasus" фірми "Ocean Bridge Investmens". Ці пороми оснащувалися енергетичними установками фірми "Caterpillar". Енергетична установка містила в собі чотири ДВЗ 3616 ТА, кожен потужністю 5650 кВт за швидкості обертання 1000 об/хв і три ДВЗ типу 3408 для електроенергетичної установки. Така енергетична установка забезпечує швидкість 34,5 вузла ДВЗ "Caterpillar 3616" потужністю 5650 кВт (у модернізованій версії 3612 - потужність становить 4250 кВт). Спроектовані спеціально для швидкісних поромів, водночас їхню потужність збільшено на 15% відносно базової моделі.

Два пороми проекту "MDV - 3000 Jupiter" і шість проекту "MDV - 1200 Pegasus" "Superseacat" побудовані фірмою "Fincantieri".

Відмінною рисою цих суден "Superseacat" є V-подібний монокорпус довжиною 100 м з алюмінієвого сплаву. Судна можуть перевозити 800 пасажирів і 175 автомашин, екіпаж складається з 26 осіб, судно розвиває 400 вузлів. Досягнення такої швидкості забезпечують нові модифікації ДВЗ фірми "Ruston" RK-270, які приводять у рух керовані водоструменеві рушії. "Superseacat" були побудовані на верфях фірми "Fincantieri" - "Riva Trigoso" і "Muggiano". ДВЗ 20RK-270 є перспективною модернізацією серії RK-270, які мають високе значення питомої потужності у своєму класі. Швидкість обертання збільшена до 1030 об/хв. (з 1000 об/хв. 16-циліндрового двигуна потужністю 5,5 МВт), а також використано новий вдосконалений турбо нагнітач ГТН.

VTC 304 компанії "ABB".

Використання потужних, компактних високооборотних енергетичних установок для збільшення швидкості відбувається не тільки на великих швидкісних поромах нового покоління, а й на невеликих суднах для перевезення пасажирів на близько розташованих островах в Італії, Греції та інших регіонах. Прикладом можуть слугувати два 35 - метрові катамарани, побудовані "Hyundai". Ці катамарани були оснащені двома ДВЗ "Pax-man" 12VP185, поставлені фірмою "GEC Alsthom Diesels". Потужність ДВЗ досягає 2185 кВт за швидкості обертання 1835 об/хв. Ці двигуни приводять у рух водоструминні рушії "KaMeWa". Ці катамарани розраховані для перевезення 250 пасажирів і 10 членів екіпажу зі швидкістю до 40 вузлів.

Фірма "Clipper Navigation Inc" провела переобладнання одного зі своїх суден "Victoria Clipper IV", встановивши ГТД морського виконання "AI-Lied Signal" TF40, які випускає корпорація "Detroit Diesel Corporation".

Така модернізація дала змогу збільшити потужність від 1940 до 2980 кВт і зменшити вагу судна на 10-12 т. Швидкість після модернізації заміни ДВЗ на ГТД зросла з 32 до 40 вузлів у світі на прибережних нафтовидобувних підприємствах до 1974 р. працювало від кількох сотень до тисячі ГТД.

Одним з унікальних прикладів є застосування газової турбіни на баржі-трубоукладчику, де встановлено два двигуни типу FT4 для приводу струменевих насосів. Кожен насос споживає приблизно 14,7 МВт (20 тис. к. с.). Заміна дизелів газотурбінними двигунами дала змогу значно зменшити розміри баржі.

Висновок: на сьогоднішній день ГТД може змагатися з ДВЗ, але на сьогоднішній день ріст цін на нафтове паливо не дає змоги застосовувати ГТД дешеве паливо залишкового сорту. Паливо, яке раніше використовувалося в торговому флоті можуть застосовуватись тільки на кораблях ВМС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Джилмер Т. Проектування сучасного корабля. Суднобудування, 1974.

2. Kane J. R. General Considerations in Marine Engineering. Глава 1 з морської інженерії, Товариство морських архітекторів і морських інженерів.

3. Maritime Reporter and Engineering News. 15 листопада 1972.

4. Morgan S, G., Smith A. Джей Р. і Лампорт А. В. Газові турбіни в Королівському флоті. Naval Engineers Journal, 83, 1, 1971.

5. Wennberg P. K. The Design of the Main Propulsion Machinery Plant Installed in the USCGC "Hamilton" (WPG-715), Transactions, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 74, 1966, p. 29–69.

6. White A. O. Gas Turbines, глава VI of Marine Engineering. Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1971.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ СУДНОВИХ ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОРІВ УТИЛІЗАЦІЄЮ ТЕПЛОТИ

Зубарєв А. А.
к.т.н., доцент, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна, Миколаїв
Минєєв А. А.
аспірант, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна, Миколаїв

Анотація. Розглянуто метод підвищення енергетичної ефективності судового електрогенеруючого комплексу з використання вторинних енергоресурсів для охолодження повітря судових дизельгенераторів та забезпечення скорочення втрат первинного палива судовими ДВЗ.

Актуальність дослідження: У двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) значна частина енергії, що виділяється під час згоряння палива, витрачається на теплові втрати, насамперед, відпрацьовані гази (ВГ). Утилізація цих теплових втрат ДВЗ дає змогу значно поліпшити енерго-ефективні та екологічні показники роботи двигуна і енергетичної установки в цілому.

Ефективність суднових дизель-генераторів (ДГ), як і всього ЕГК, значною мірою залежить від температури повітря на вході надувних турбокомпресорів (ТК). Із підвищенням зовнішньої температури зменшується ККД ДГ, знижується потужність двигуна і, відповідно, зростає питома витрата палива g_e. Також, на ефективність суднових ДГ впливає охолодження електрогенераторів (ЕГ) допоміжних двигунів, оскільки саме температура їх обмоток обмежує електричну потужність дизель-генераторів (ДГ). Отже проблема доведення параметрів повітря на вході ДГ, а також вентиляційного повітря ЕГ до необхідних значень, тобто кондиціювання повітря суднових ДГ стоїть дуже гостро.

Використання вторинних енергоресурсів (ВЕР), перш за все відпрацьованих газів та стисненого повітря (надувного повітря ГД та ДГ) забезпечує скороченням енергетичних втрат з відхідними газами, стисненим і вентиляційним повітрям, частка яких сягає половини витрат первинного палива, і є одним із найбільш перспективних напрямків підвищення ефективності суднових ДГ та всього ЕГК.

Метою роботи є дослідження енерго-ефективності суднових ДГ при використанні ВЕР для попереднього охолодження зовнішнього повітря на вході ДГ за допомогою ежекторних холодильних машин, що використовують теплоту відпрацьованих газів ДВЗ.

Об'єктом дослідження є ефективні показники роботи ДГ за умов використання ВЕР для охолодження повітря суднових дизельгенераторів

Предмет дослідження – характеристики ефективності охолодження повітря утилізацією теплоти ВЕР суднових ДВЗ в тепловикористовуючих холодильних машинах (ТХМ)

Основна частина. Тепловий потенціал вторинних енергоресурсів (ВЕР) суднових дизель генераторів, перш за все відхідних газів та стисненого повітря (надувного повітря ГД та ДГ) доволі високий: теплові втрати з відхідними газами становить 28...32 % при їх температурі 250…350 °С і більше, з охолоджуючою надувне повітря водою – 10...12 % при температурі повітря 150…250°С. До того ж із підвищенням зовнішньої температури тепловий потенціал ВЕР зростає ще у більшій пропорції: приріст температури відхідних газів приблизно в 1,6 рази перевищує зростання зовнішньої температури повітря.

Тепловий потенціал порівняно низького рівня можна отримати, якщо відводити теплоту, що виділяється в електрогенераторі, з метою забезпечення його надійної і

ефективної роботи. Цю теплоту, в свою чергу, доцільно утилізувати в ТХМ для охолоджування повітря, що подається на вентиляцію обмоток генераторів.

Отже доцільним було б утилізувати ВЕР в тепловикористовуючих холодильних машинах (ТХМ), а вироблений холод застосовувати для кондиціювання повітря ГД та ЕГК (повітря на вході ГД і ДГ, вентиляційного повітря ЕГ).

Найдоцільнішим і ефективнішим засобом охолоджування наддувного повітря суднових ДВЗ є застосування тепловикористовуючих ежекторних холодильних машин (ТЕХМ), в яких ежектор виконує функцію компресора. Такі машини відрізняються високою надійністю в експлуатації і простотою конструкції, оскільки включення їх в існуючі контури водяного охолоджування ДВЗ не викликає істотних труднощів, а також дозволяє скоротити витрати на охолоджування і підвищити паливну ефективність суднових дизелів. Використовування ТЕХМ не приведе до помітного ускладнення системи охолоджування електрогенераторів.

Машини струминного типу мають резерви, пов’язані з інтенсивністю фазових переходів в теплообмінних апаратах. Їхня реалізація дозволила б підвищити енергетичну ефективність ТЕХМ, що зробило б доцільним їхнє застосування як тригенераційної надбудови ДВЗ.

Як робоче тіло в ТЕХМ використовуються низькокиплячі робочі тіла (НРТ) – хладони, що дозволяє утилізувати теплоту порівняно низького температурного рівня. Підведення теплоти до НРТ здійснюється в процесі їх фазового переходу. Застосування низькокиплячих робочих тіл дозволяє одержати нижчі температури кипіння, спростити схему машини, а також використати низькопотенційну теплоту без вакууму в апаратах.

ТЕХМ найбільшою мірою відповідають подвійному призначенню наддувного повітря, використовуючи його як джерела теплоти і як об'єкту охолоджування. При цьому їх генератор пари НРТ високого тиску встановлюється на високотемпературній ділянці наддувного повітряного тракту (після ТК перед водяним охолоджувачем наддувного повітря ОНП), а випарник НРТ низького тиску – після водяного ОНП для глибшого охолоджування наддувного повітря.

Роботи у області дослідження ежекторних холодильних машин, що використовують легкокиплячі речовини, направлені на підвищення їх ефективності шляхом вибору найбільш відповідних робочих речовин, виключення споживання електроенергії, вдосконалення схем машин і робочих циклів, а також на оптимізацію профілю проточної частини ежектора.

Ефективність роботи хладонових ежекторних холодильних машин залежить від режиму роботи і від властивостей хладона. Вибір хладона і робочого тиску для цих машин повинен вироблятися по двох енергетичних критеріях: дійсному тепловому коефіцієнту машини і сумарної електричної потужності, споживаної хладоновим і водяним циркуляційними насосами. Раціональнішим є застосування речовин з високими значеннями критичної температури, що знижує тиск в апаратах, чим забезпечується велика надійність і безпека роботи машини.

Відведення теплоти відпрацьованих газів відбувається в генераторі пароподібного НРТ високого тиску, а охолоджування зовнішнього повітря за рахунок виробленого холоду – в випарнику-повітроохолоджувачі (В-ПО) на вході дизеля.

Енергетична ефективність ежекторних ТХМ характеризується тепловим коефіцієнтом $\zeta = Q_0/Q_г$, що є відношенням холодопродуктивності Q_0 (кількості теплоти, відведеної в випарнику-повітроохолоджувачі від повітря на вході двигуна або що подається на охолоджування до НРТ, киплячому при низьких тиску і відповідно температурі) до кількості теплоти $Q_г$, підведеної в генераторі до киплячого холодоагенту високого тиску відпрацьованих газів, або іншого джерела скидної теплоти (від повітря, нагрітого в електрогенераторі.).

У свою чергу, тепловий коефіцієнт ζ залежить від коефіцієнта ежекції *U* – відношення витрат пари НРТ низького тиску, що ежектують з В-ПО, і силової пари НРТ високого тиску, що поступає в робоче сопло ежектора від генератора.

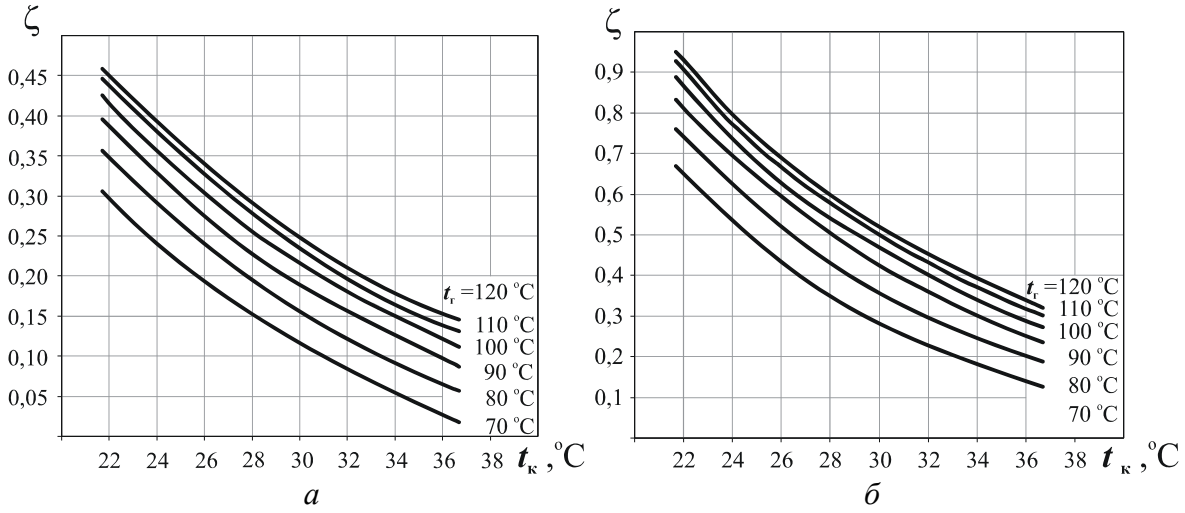


Рисунок 1 – Залежності теплових коефіцієнтів ζε ЕХМ на R142b від температури конденсації $t_к$ при різних температурах кипіння в генераторі tг і випарнику t_0: а – t_0 = 0°С; б – t_0 = 10°С

Як видно, тепловий коефіцієнт $ζ_ε$ з підвищенням $t_к$ істотно знижується, причому при більшій температурі кипіння t_0 це зниження відбувається різкіше. Це говорить про необхідність попереднього зниження температури охолоджуючого конденсатор зовнішнього повітря, тобто у разі водяного охолоджування конденсатора (при нижчих $t_к$) теплова ефективність ежекторної ТХМ набагато вища, ніж при повітряному охолоджуванні (при високих $t_к$). При температурі кипіння в В-ПО $t_0 = 10\ ^oC$ тепловий коефіцієнт $ζ_ε$ в 2…3 рази вище, ніж при $t_0 = 0\ ^oC$, проте в останньому випадку повітря можна охолоджувати до нижчої температури.

Про підвищення паливної економічності суднових ДВЗ за рахунок охолоджування наддувного повітря в ТЕХМ в порівнянні із звичним водяним охолоджуванням можна судити по зміні питомої витрати палива g_e у відносних величинах (віднесених до питомих витрат палива при температурах наддувного повітря $t_н$, відповідних g_e = 100 %) залежно від температури наддувного повітря $t_н$ при температурі зовнішнього повітря на вході в ТК $t_{н.в}$ = 25 °С, відносної вологості φ = 60 % і різних ступенях підвищення тиску в ТК $π_к$, представленим на рис. 2.

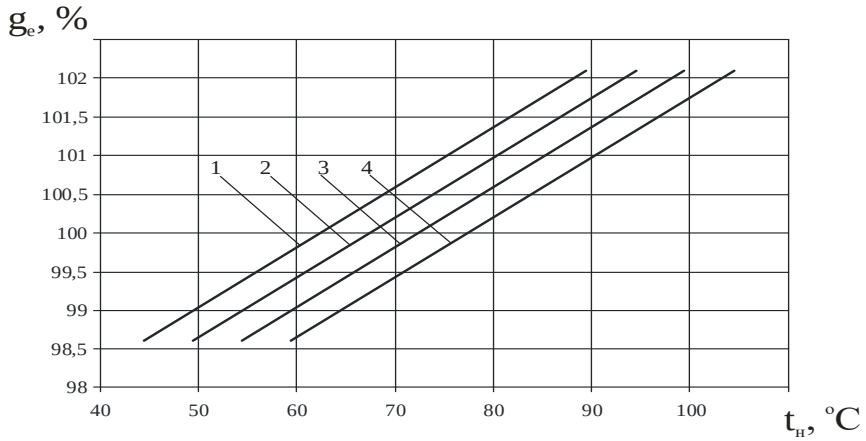


Рисунок 2 – Зміна питомої витрати палива g_e у відносних величинах залежно від температури наддувного повітря $t_н$ при ступенях підвищення тиску в ТК πк: 1– $π_к$ = 3,0; 2 – $π_к$ = 3,5; 3 – $π_к$ = 4,0; 4 – $π_к$ = 4,5

Бачимо, що додаткове (до водяного охолоджування в ОНВ) пониження температури надувного повітря у випарнику ТЕХМ на 15 ºС, що відповідає його

температурі на вході в генератор ТЕХМ $t_г1$ = 180 ºС, забезпечує скорочення питомої витрати палива на 1 %, відповідно при $\Delta t_в$ = 30 ºС (при $t_г1$ = 250 ºС і використовуванні в економайзерній секції генератора теплоти тільки наддувочного повітря) – на 2 %, а при $\Delta t_в$ = 45 ºС (при $t_г1$ = 250 ºС і використовуванні в економайзері додатково теплоти від інших джерел, наприклад охолоджуючої двигун води) – на 3 %.

Висновки. Застосування ТЕХМ, що використовє теплоту надувного повітря після ТК, для його охолоджування після водяного ОНП забезпечує зниження температури надувного повітря на 15…30 ºС (в порівнянні з тільки водяним охолоджуванням) і відповідно підвищення ККД МОД на 1…2 %.

Утилізація теплоти, що відводиться з продуктами згорання, і від наддувного повітря ДВЗ є перспективним напрямом підвищення ефективності суднових енергетичних установок, оскільки реалізація навіть половини теплового потенціалу джерел скидної теплоти, що розташовується, забезпечила б приріст потужності енергоустановок приблизно на 25 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Thermo Efficiency System (TES) for reduction of fuel consumption and CO2 emission: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005. – http://www.mandiesel.com/files/news/filesof5055/P3339161.pdf.

2. Радченко А. Н. Анализ эффективности теплоиспользующих хладоновых эжекторных систем охлаждения судовых электродвигателей // Вестник двигателестроения. – 2007. – № 3. – С. 135–139.

3. Радченко Н. И., Стахель А. А., Коновалов Д. В., Сирота А. А. Рациональные параметры теплоиспользующих холодильных машин, утилизирующих теплоту уходящих газов ДВС // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – №8(44). – С. 121–126.

4. Радченко А. Н. Энергосберегающие системы охлаждения электрических машин // Техногенна безпека: Наукові праці МДГУ ім. П.Могили.– Миколаїв: МДГУ.– 2007. – Т. 73. – Вип. 60. – С. 106–108.

5. Радченко А. Н. Системы охлаждения судовых электрогенераторов с комплексным использованием вторичной теплоты // Авиационно-космическая техника и технология.– 2007. – №8(44). – С. 90–94.

6. Радченко Р. Н., Горин В. В. Влияние температуры конденсации НРТ на эффективность применения теплоиспользующих эжекторных установок кондиционирования воздуха в судовых ДВС // Авиационно-космическая техника и технология.– 2007. – №10(46). – С. 116–120.

7. Радченко А. М., Радченко М. І., Іваненко С. В., Бузнік А. І. Суднові енергозберігаючі електрогенеруючі комплекси. Екогоміка, техногенна безпека: Наукові праці НУК ім. адм. Макарова. – Миколаїв: НУК.– 2008.

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Козицький С. В.
Національний університет Одеська Морська Академія
(Україна)

Вступ. Технологія – це сукупність способів, методів, прийомів та засобів пошуку, видобутку, збагачення, обробки, переробки, виготовлення, зміни стану, властивостей, матеріалів, що здійснюються в процесі виробництва різних галузях. У 21 столітті стрімко розвивається ***нанотехнологія*** – це область науки і техніки, яка спрямована на отримання матеріалів з особливими властивостями, до складу яких входять елементи з розміром у діапазоні 1–100 нанометрів [1].

Актуальність досліджень. Фізичні та хімічні властивості нанорозмірних частинок суттєво відрізняються від відповідних для традиційних матеріалів, що зумовлено їх квантово-механічною поведінкою [2]. Такі особливі властивості пов’язані з розмірними ефектами та особливостями їх поведінки [3]. Для усіх наночастинок спостерігається зміна фундаментальних фізичних параметрів [4], а наноматеріали характеризуються підвищеною твердістю в 2...7 разів, межею міцності в 1,5...8 разів, межею плинності в 2...3 рази у порівнянні з традиційними матеріалами [4].

Постановка задачі. У морському галузі велика кількість проблем вимагає ефективного вирішення. Серед основних зазначимо: підвищення ефективності суднових систем, збільшення ресурсу суднових механізмів та корпусу, збільшення ККД механізмів і захист довкілля від викидів. Більшість цих проблем є можливість вирішувати шляхом використання унікальних властивостей наноматеріалів.

Результати досліджень.

Наноприсадки до мастильних матеріалів

Однорідність та стабільність мастильної речовини, в якій наночастинки були впроваджені, визначає її здатність працювати надійно. Швидкість осідання, є важливим параме-тром, що визначає колоїдну стійкість, і може бути обчислена за допомогою закону Стокса

$$v = \frac{2(\rho_н - \rho_p)gr^2}{g\mu}$$

де v – усталена швидкість осідання, ρ_H – густина наночастинки, ρ_p– густина рідини, g – прискорення вільного падіння, r – радіус наночастинки, а μ - динамічна в'язкість рідини.

Рисунок 1. Зношування підшипників кочення: вгорі підшипник після 1000 годин експлуатації, внизу з використанням нано-порошку Al_2O_3 після 6000 годин експлуатації

Це рівняння вказує, що у даному мастилі, коли розмір добавок до нано-частинок зменшується в 10 разів, час осідання збільшиться в 100 разів. Отже, поліпшення стабільності диспергування наночастинок можливе за допомогою зменшення розміру.

Дослідження показали, що присадки наночастинок до базового мастильного матеріалу суттєво впливають на триболо-гічні властивості мастильних систем. Так, наприклад, Al_2O_3, здатні створювати на поверхні контакту деталей тонку захисну плівку, що перешкоджає безпосередньо-му контакту тіл пар тертя (рис. 1).

Утворена плів-ка забезпечують протизадирні, протизнос-ні властивості контакту і запобігає руйнування робочих поверхонь внаслідок схоплювання і заїдання. На рис. 1 наведені світлини підшипників кочення [5], які експлуатувалися з використання стандар-тних мастил та з використанням 30 мг нанопрошків Al_2O_3 на 1 літр мастила.

Застосування ревіталізанту ХАДО

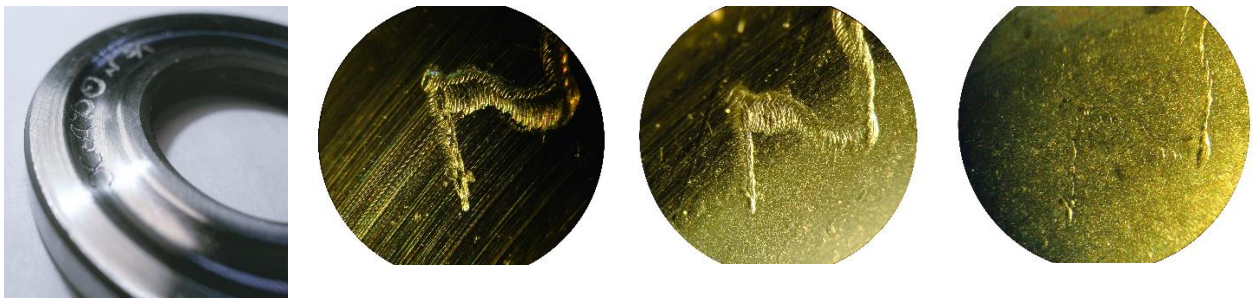
ХАДО – це українська компанія [7] заснована у 1991 році в Харкові, яка є виробником ревіталізанту, до складу якого входить дуже активна карбоксильна група – COOH, а також суміші нанорозмірних оксидів Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3 та їх гідратів, або Al_2O_3, MgO і Fe_2O_3 чи Al_2O_3, CaO та Fe_2O_3 і їх гідратів. наночастинки цієї речовини мають форму близьку до сферичної.

Ревіталізант проявляє унікальні властивості при використанні присадок до мастильних матеріалів, що застосовуються для змащення поверхні циліндрів шляхом утворення покриття з карбідів металів [6] за схемою

$$nMe+mC \rightarrow Me_nC_m,$$

де ***Me*** – метал; ***C*** – вуглець.

Демонстрація утворення покриття зображена на рис. 2: а) зовнішній вигляд доріжки кочення підшипника зі спеціально нанесеним дефектом, б) початкова поверхня деталі при збільшенні, в) дія ревіталізанту через 15 хв. – зникають дрібні подряпини та починається відновлення поверхні, г) усунений дефект поверхні після одної години ревіталізації за рахунок утворення металокерамічного покриття.



а) б) в) г)

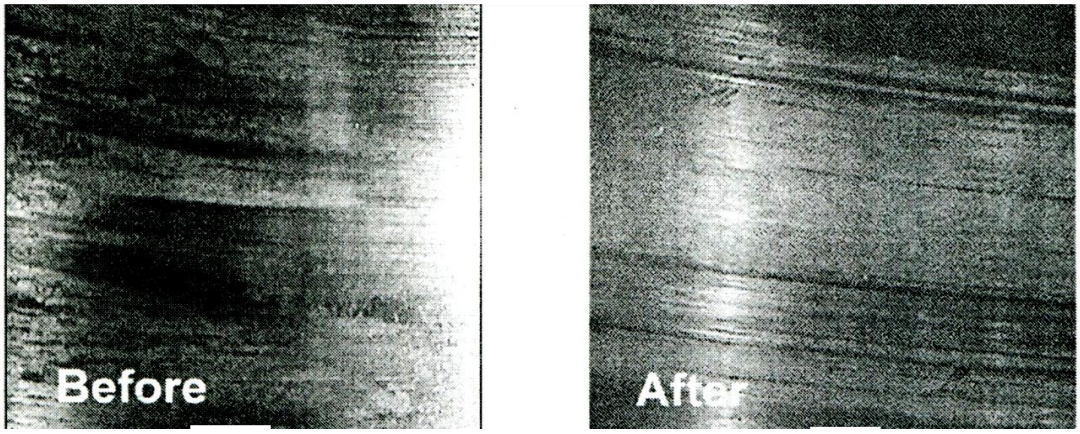
Рисунок 2 – Процес утворення металокерамічного покриття при дії ревіталізанта:
а) зовнішній вигляд доріжки кочення підшипника зі спеціально нанесеним дефектом,
б) початкова поверхня деталі при збільшенні, в) дія ревіталізанту - модифікація поверхні
тертя та початок зарощування дефекта, г) усунений дефект поверхні

Утворення металокерамічного покриття відбувається при одночасній взаємній дифузії двох речовин (металу і металокераміки), яка завершує процес формування нового покриття, цементує і тим самим остаточно знищує дефект. Ревіталізант розв'язує завдання безрозбірного ремонту, збільшення ресурсу та максимально беззношувальної експлуатації машин і механізмів ***лише тоді, коли компоненти є нанорозмірні***, та не спостерігається при використанні складових мікронних розмірів. Більше того, кварцовий пісок (SiO_2) та кристалічний корунд (Al_2O_3), якщо би входили до складу присадки у мікронному виді, то діяли би як абразиви зношуючи поверхні пар тертя.

Застосування наноматеріалів компанії «NanoVit»

У Німеччині було розроблено продукт «NanoVit Motor Renovator (NVMR)» [8], який є сумішшю нанодисперсних порошків діоксиду кремнію – SiO_2 (80%), триоксиду алюмінію – Al_2O_3 (10%) та інтеркальованного графіту (10%).

Розбирання та інспекція двигунів (рис. 3, а) показали, що на дзеркало циліндра спостерігаються подряпини глибиною до 0.1 мм, а в результаті використання продукту «NanoVit» на стінках деталей в зонах тертя утворюються стійкі плівки, які утримують мастильний матеріал. Масло не стікає з їх поверхонь, що додатково захищає пари тертя при холодному пуску від підвищеного зносу та відновлює дзеркало циліндра (рис. 3, б).



(а) ***(б***

Рисунок 3 – Результат використання продукту «NVMR», у результаті чого відбулося «відмивання» поверхні та відновлення «дзеркала» циліндрової втулки

Компанія «NanoVit» також повідомляє, що при використанні продукту «NVMR», у якості присадки до мастила, відбувається:

- розкладання молекул діоксиду кремнію у фрикційній зоні поверхонь контакту, що супроводжується зниженням тертя та зношування;
- розрив зв'язків «алюміній-кисень» у триоксиді алюмінію, що викликає заміщення атомів заліза, поки атоми алюмінію на поверхні утворюють захисну плакуючу плівку, яка являє собою твердий розчин зі значною пластичністю та міцністю за рахунок утворення оксидів та карбідів алюмінію і заліза, тим самим збільшуючи його зносостійкість;

Вплив наноприсадок на ефективність суднових палив

Наноприсадки до палив збільшують повноту згоряння вуглеводнів і запобігають окисленню сірки та азоту [9]. Завдяки такій дії паливні компоненти мають виражений екологічний та ресурсо- і енерго- зберігаючий ефекти, роблячи наноприсадки вкрай актуальними в сучасній технології спалювання традиційних палив.

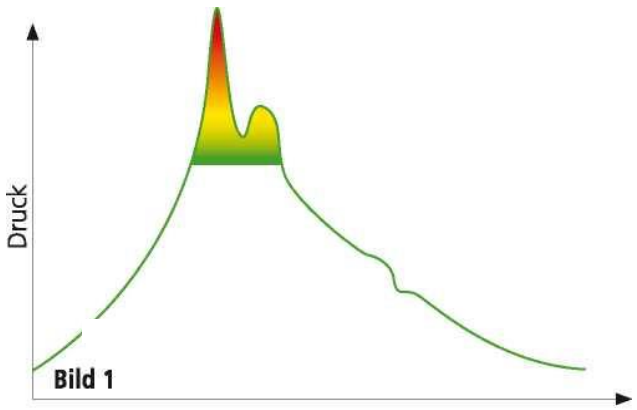


Рисунок 4 – Залежність тиску при спалю-ванні палива при застосуванні NVMR

Були проведені експериментальні вимірювання та аналіз викидів вихлопних газів та характеристик горіння дизельного пального при використанні добавки нанопорошкового алюмінію. Додавання 5 грам нанорідини алюмінію на літр дизельного пального не тільки зменшує витрати палива за рахунок збільшення теплоти згоряння, але також знижує концентрацію шкідливих речовин у викидах вихлопних газів у дизельному двигуні.

Експериментально доведено [9], що нанокристали AI_2O_3, які входить у склад NVMR накопичуються на поверхні камери згоряння і діють як незліченна кількість «міні-свічок запалювання». Ці «міні-свічки» викликають згладжування вибухового піку максимального тиску, що відмічене на рис.4, та контрольоване згоряння палива При цьому в камері згоряння відбувається модифікація поверхонь тертя та їх ретельне очищення.

Рівномірне згоряння палива без локальних максимумів температури і тиску призводить до зменшення споживання палива та викидів забруднюючих речовин від двигунів внутрішнього, значно зменшуються вібрації.

Застосування наноматеріалу NANOL

У 2010 році в місті Гельсінкі (Фінляндія) була заснована компанія «Nanol Technologies Ltd.», яка розробляє, виготовляє та реалізує присадки і добавки на основі наночастинок міді до змащувальних матеріалів, мастил, моторних олив і різного виду пального, яке використовується на морському транспорті.

Центр «VTT Technical Research Center of Finland» провів [10] 16 натурних і 4 стендових випробування зі вмістом 0,3% NANOL у суднових моторних оливах і мастилах, та 15 лабораторних трибо випробувань з вмістом 0,3% ~ 3% NANOL в мастилі. У суднових натурних випробуваннях спостерігалося зниження витрати палива на 4% для дизельних двигунів середньої потужності (1600 ~ 10000 кВт). Судноплавна компанія – «BoreLtd.» (експлуатує судна типу "Po-Po", а саме «Ro-Flex», «Ro-Ro» та «CarCarrier»), звітує [10], що у двигунах суден компанії загальна витрата палива була знижена приблизно на 4% за перші 12 місяців використання продукту NANOL.

При застосуванні NANOL отримані наступні результати: зменшення витрат палива до 6%; зменшення шкідливих викидів у атмосферу до 30%; зменшення показників тертя до 30%; зменшення зносу та задирів на поверхні циліндрів до 10%.

Висновки. Практичне використання унікальних властивостей наноматеріалів приводить до підвищення ефективності механізмів у транспортній галузі:

- утворюють захисну трибоплівку на поверхнях тертя та у зонах контакту;
- сприяють суттєвому зменшенню зменшують тертя та зносу;
- суттєво підвищують несучу здатність мастил та збільшення часу їх дії;
- подовжують термін служби суднових двигунів і механізмів;
- підвищують показники енергоефективності та економічності суднових двигунів;
- сприяють покращенню показників економії палива і мастила та зниженню викидів шкідливих речовин у атмосферу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kumar Phany. Principles of Nanotechnology /Ph. Kumar // 2Nd.Edish, Scitech Publications, 2020. 115 p.

2. Kozytskyi S. V. Properties and behavior of nanoparticles / S. V. Kozytskyi, S. V. Kiriian // Фізика аеродисперсних систем. – 2022. – №44. – С. 17–30.

3. Козицький С.В. Мікро-, мезо- та нанорозмірні кристали сульфіду цинку отримані методом високотемпературного синтезу, що самопоширюється / Фізика аеродисперсних систем. – 2023 – № 61. – С. 32–42

4. Козицький, С. В. Властивості наноструктурованих матеріалів / С. В. Козицький, С. В. Кіріян // Суднові енергетичні установки. – 2022. – №45. – С. 123-133.

5. Kozytskyi S. V. Effectiveness of nanomaterial utilizationin ship's mechanisms / S. V. Kozytskyi, S. V. Kiriian. // Суднові енергетичні установки. – 2019. – №39. – С. 101–106

6. Козицький, С. В. Застосування наночастинок для збільшення ефективності суднових механізмів/ С. В. Козицький, С. В. Кіріян // Суднові енергетичні установки. – 2023. – №46. – С.53-66.

7. XADO Industrial: Revitalizants, oils, greases. Коддоступу: https://xadoindustrial.com/image/data/download/XADO Industry

8. Nano Vit Research GmbH. –https://www.nanovit-research.de/ueber-nanovit.

9. Козицький, С. В. Застосування наноматеріалів для збільшення надійності суднових установок // Суднові енергетичні установки. – 2024. – №48. – С.35-46

10. Nanol Power+ [Electronic resource]. – Access mode: https://www.nplube. com/nanol.

ЗАКОНОМІРНОСТІ НАДХОДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ДО ПОВЕРХОНЬ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Курак В. В., Андронова О. В., Кисельов М. В.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

Вступ. Використання сонячної фотоелектричної енергетики в транспортній сфері на даний момент пов'язане, передусім, зі створенням стаціонарних сонячних зарядних станцій для електромобілів. Втім, останнім часом проводяться інтенсивні дослідження з розробки транспортних засобів, що використовують електричну енергію, отриману від сонячного випромінювання безпосередньо під час руху. Прикладами таких розробок є яхти, літаки, оснащені фотоелектричними системами, а також сонячні електромобілі, які розробляються низкою компаній, таких як Lightyear [1].

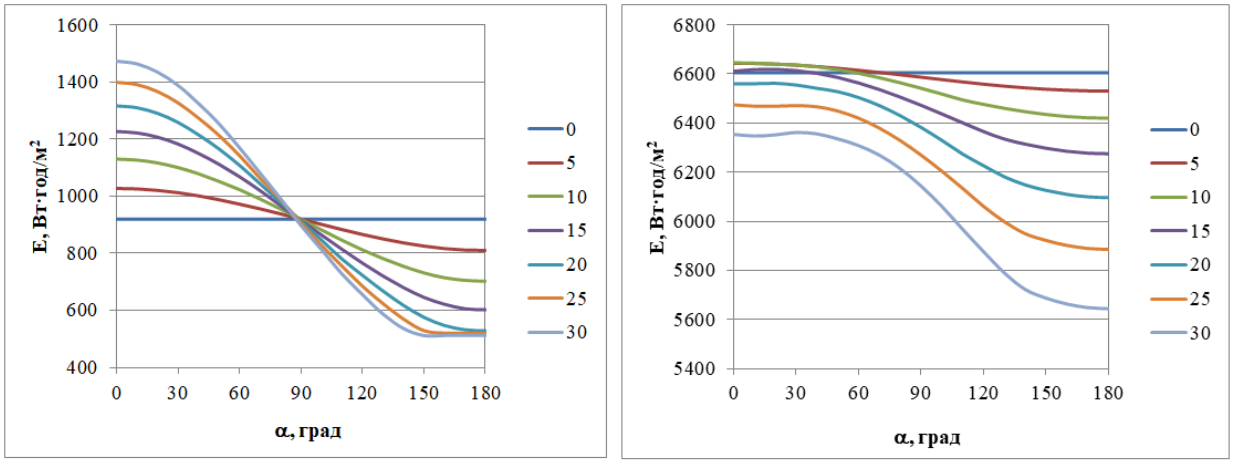
Актуальність досліджень. На відміну від стаціонарних фотоелектричних станцій, де визначальними чинниками, що впливають на поточний обсяг вироблення енергії, є переважно кліматичні та погодні фактори, для рухомих сонячних електрогенеруючих систем суттєвого значення набуває й напрямок руху транспортного засобу, який визначає миттєвий азимутальний кут приймальної поверхні. Надходження сонячної радіації демонструє незалежність від азимутального кута лише для горизонтальних приймальних поверхонь. Враховуючи те, що для досягнення суттєвого обсягу вироблення електричної енергії потрібно задіяти під фотоелектричну систему максимальну наявну площу, а переважна більшість сучасних транспортних засобів має обтічні форми, обумовлені аеродинамічними міркуваннями, то обмежитись виключно горизонтальним розташуванням масиву перетворювачів не є можливим, і слід розглядати й похилі площини, надходження сонячного випромінювання до яких стає залежним від напрямку руху.

Постановка задачі. Оскільки обсяг виробленої енергії фотоелектричною системою пропорційний променистому потоку, що надходить до всіх приймальних поверхонь, то для розрахунку параметрів сонячної станції, розташованої на рухомому об'єкті, необхідно з'ясувати закономірності надходження сонячної радіації до похилих генеруючих поверхонь у зв'язку зі зміною азимутального кута.

Результати досліджень. Розрахунок надходження сонячної радіації на довільно орієнтовану приймальну поверхню, що має азимут α, який в геліоенергетиці прийнято відраховувати від напрямку на південь, та нахилену відносно горизонталі на кут β, здійснювався за методикою [2], яка враховує пряму, дифузну та відбиту від підстилаючої поверхні складову потоку сонячного випромінювання. В якості вхідних використовувались дані NASA [3] щодо надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню для кліматичних умов Херсонської області. Для характерного дня кожного місяця розраховувалось середнє денне надходження енергії сонячного випромінювання E, що припадає на одиницю поверхні приймача, просторову орієнтацію якого задано кутами α та β.

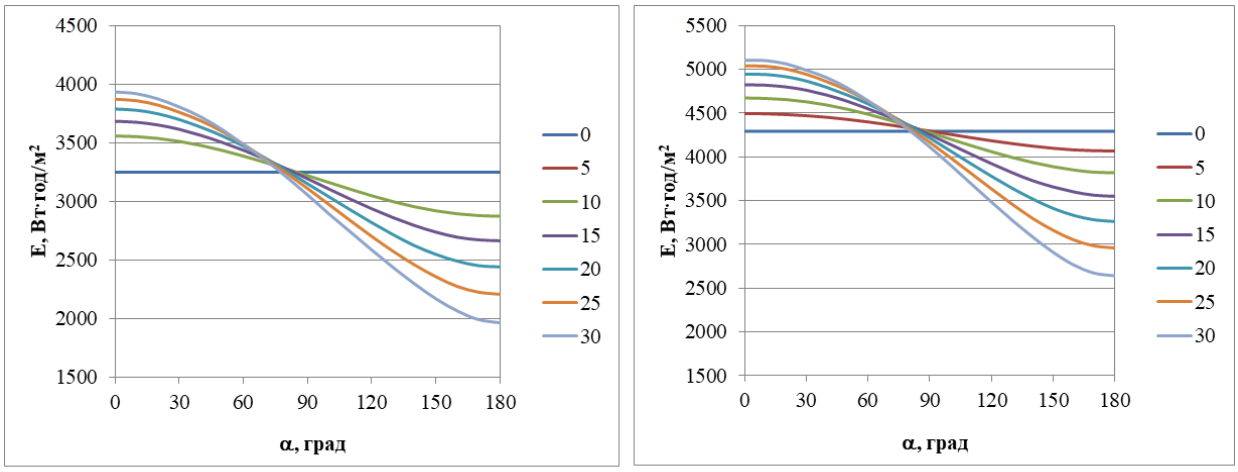
На рис. 1 представлено результати розрахунку надходження сонячної енергії для характерних днів місяців з мінімальним (грудень) та максимальним (червень) схиленнями Сонця, а на рис. 2 – для місяців з весняним та осіннім рівноденням. Аналіз представлених залежностей показує, що зміна як кута нахилу приймальної поверхні, так і її азимуту здатна призводити до суттєвих змін у надходженні енергії сонячного випромінювання в порівнянні з горизонтальною площиною.

Південна орієнтація приймальної поверхні ($\alpha = 0$), як і очікувалось, дозволяє отримати максимальний дебет сонячної енергії, а збільшення кута нахилу до 30° підвищує її надходження. Втім, в місяці зі значною висотою Сонця перевага застосування нахилених поверхонь нівелюється. Більше того, при кутах нахилу понад 15° надходження сонячної енергії до похилої поверхні у червні є меншим, ніж до горизонтальної (рис. 1, б).



а) б)

Рисунок 1 – Середнє денне надходження сонячної енергії у грудні (а) та червні (б) в залежності від азимуту приймальної поверхні α при різних кутах її нахилу β



а) б)

Рисунок 2 – Середнє денне надходження сонячної енергії у березні (а) та вересні (б) в залежності від азимуту приймальної поверхні α при різних кутах її нахилу β

Перевага застосування похилих поверхонь зберігається, головним чином, в діапазоні азимутальних кутів від 0 до близько 90°. При переході до азимутів, що відповідають північно-східному, північному та північно-західному напрямкам, надходження сонячної радіації до похилої поверхні стає меншим в порівнянні з горизонтальною, причому зменшення енергетичного дебету виражено тим сильніше, чим більший кут нахилу приймальної поверхні β.

Висновки. В фотоелектричних системах, встановлених на транспортних засобах, доцільним є використання поверхонь з кутами нахилу, що не перевищують 15°. Це дозволить забезпечити прийнятні енергетичні показники таких систем при одночасному нівелюванні чітко вираженої залежності надходження сонячної радіації від азимутального кута при зміні напрямку руху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lightyear [Website]. – Access mode: https://lightyear.one/ (last access: 24.04.24). – Title from the screen.

2. Duffie J.A. Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. – Hoboken: John Wiley&Sons, Inc., 2013. – 910 p.

3. POWER. Data Access Viewer [Electronic resource]. – Access mode: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ (last access: 12.01.2024). – Title from the screen.

СПЕЦИФІКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГНУЧКИХ ТРУБОПРОВОДІВ НА МОРСЬКІЙ ПОВЕРХНІ ПІД ЧАС РОБОТИ СУДЕН ОФШОРНОГО ФЛОТУ

Малахов О. В., Кіріс О. В., Бондаренко А. В., Козирєв І. П., Палагін О. М., Найденов А. І.
Національний університет "Одеська морська академія"
(Україна)

Вступ. Експлуатація суден типу Diving Support Vessel, Construction Ship, Support and Supply Vessel, що обслуговують нафтові платформи, безпосередньо пов'язана з використанням різних типів гнучких трубопроводів і тросів. Вони використовуються в широких межах суднових технологій – від подання робочих рідин та палива до буксирування різних надводних та підводних апаратів.

У деяких випадках, пов'язаних в основному з хвилюванням морської поверхні, швидкості потоку води, що набігає, можуть бути дуже великими і призводити до небезпечних коливань гнучкого трубопроводу, а навантаження, що виникають, можуть призводити до руйнування місць або вузлів їх механічних з'єднань з судновим обладнанням і конструкціями. Така проблема є важливою і вимагає свого вирішення, оскільки в даний час немає методів розрахунку таких навантажень з урахуванням занурення гнучкого трубопроводу під воду або на режимах його експлуатації при хвилюванні морської поверхні.

Питання вибору довжини трубопроводу, що занурюється у підводну частину, є одним із визначальних. Можливі випадки, коли неправильно обрані та призначені режими експлуатації призводитимуть до аварій через великі коливання трубопроводу, що виникають. Запобігання таким коливанням можливе, коли відома залежність їх частотного спектру від кінематичних навантажень з боку потоку, що набігає.

Актуальність досліджень. Проблема визначення роботи гнучкого трубопроводу в необмеженому потоці рідини з хвилюванням досі в повному обсязі залишається не вирішеною. Залишаються нез'ясованими питання підвищення ефективності роботи гнучких труб за рахунок визначення оптимальних режимів їх роботи. З огляду на це було зроблено висновок про необхідність підвищення ефективності експлуатації морських допоміжних суден офшорного флоту за рахунок встановлення якісних режимів експлуатації гнучких трубопроводів та зменшення аварій, що пов'язані із їх коливаннями.

Постановка задачі. При роботі судна в більшості випадків за технологічними умовами використання гнучкі трубопроводи кардинально відрізняються від жорстких. Основна специфіка їх роботи полягає у тому, що у порівнянні із жорсткими трубопроводами вони мають позитивну плавучість. Саме ця плавучість незмінно буде призводити до великих значень гідродинамічних моментів, що виникають при контакті трубопроводу з потоком рідини, що натікає на нього.

З точки зору механічних особливостей експлуатації трубопроводів жорсткий трубопровід відрізняється від гнучкого трубопроводу тільки наявністю згинальної та крутильної жорсткості за рахунок якої і може змінюватись його поперечний переріз уздовж осьової лінії. При цьому гнучкі трубопроводи можуть згинатися до радіусу, що в п'ять разів перевищує їх власний діаметр.

У застосуванні до гнучких трубопроводів використання результатів, що були отримані для жорсткої труби, є спірним. У разі вимушених коливань у потоці гнучкого трубопроводу крім поперечних напруг необхідно враховувати зміну і поздовжніх складових навантаження, що виникає. Змінність перерізу труби може викликати додаткову реакцію з боку потоку всередині трубопроводу.

У загальному випадку при вивченні процесу взаємодії гнучких трубопроводів із зовнішнім необмеженим потоком рідини необхідно в залежності від виду повздовжнього перетину тіла, що розглядається, і кута атаки потоку знаходити виникаючі: силу лобового

опору, підйомну силу і осьовий гідродинамічний момент. Усі ці величини завжди змінюються за нестаціонарними законами.

З урахуванням виконаного аналізу було зроблено висновок про необхідність розробки нового методу, що забезпечує підвищення ефективності експлуатації суден офшорного флоту за рахунок встановлення якісних режимів експлуатації гнучких трубопроводів та зменшення аварій, що пов'язані з їх коливаннями. Такий метод повинен давати можливість отримання оціночних характеристик суднових гнучких трубопроводів і призначення режимів їх експлуатації, при яких не виникатимуть аварії через великі коливання, що виникають.

Результати досліджень. У тому випадку, коли за рахунок взаємодії з потоком гнучкий циліндричний трубопровід починає розгойдуватися, обтікання його поверхні вже не можна розглядати як стаціонарне, а саму поверхню необхідно вже розглядати як таку, що коливається. Якщо під дією потоку, що набігає відбувається нестаціонарне відривне обтікання циліндра можливе отримання трьох характерних режимів його обтікання. По виду розподілу поля швидкості та тиску поблизу труби ці режими між собою відрізняються якісно. Їхня кількісна відмінність добре описується межами відповідних чисел Струхаля. Сам трубопровід при цьому здійснює вимушені гармонічні коливання в напрямку, який є перпендикулярним до осі симетрії потоку, що набігає.

Згідно з результатами виконаних досліджень якщо спостерігається синхронізація частоти зриву вихорів з частотою вільних коливань гнучкого трубопроводу, то вона буде зберігатися і зі зростанням швидкості потоку V, що набігає. Межа подібної синхронізації по зростанню швидкості потоку, що набігає наближено може доходити до значень $1{,}25V$. У цьому випадку матиме місце зростання амплітудного значення нестаціонарних сил Карману, а величина амплітуди цих сил може зростати до 50%.

У випадку, коли потоком, що набігає, поперечно обтікається гнучкий трубопровід залежність між частотою сходу вихорів з поверхні циліндра і швидкістю потоку, що набігає буде змінюватися. Такий випадок обтікання відповідає куту атаки потоку, що дорівнює 90^0. При певних значеннях швидкості потоку V_{0i} має місце синхронізація частоти зриву вихорів з власною частотою коливань труби ω. В інтервалах швидкостей, при яких настає синхронізація частот, всі амплітуди поперечних коливань трубопроводу починають різко зростати.

Власні частоти коливань гнучких трубопроводів під час їх експлуатації під водою безпосередньо визначаються довжинами занурених під воду ділянок. Їхні чисельні значення в діапазонах довжин від 40 до 120 метрів відповідають інтервалам частот коливань від 0.05 до 1.32 Гц. Найменшим довжинам відповідають більші значення частот коливань і навпаки. У ході синхронізації частот коливань приєднана маса циліндричного трубопроводу виходить на свої стаціонарні значення через тривалий період часу. Його величина набагато більша за час власних або вимушених коливань трубопроводу.

Якість роботи гнучкого трубопроводу може оцінюватися за допомогою коефіцієнта надійності, який дозволяє враховувати набір всіх критеріїв, що призводять до виходу зі строю робочої поверхні трубопроводу. Чим вище його значення, тим якісніше експлуатується труба. Коефіцієнт надійності, викликаний температурною деформацією трубопроводу дорівнює 1.0, а його значення при експлуатації труби з урахуванням вітрових чи хвильових динамічних навантажень становить 1.4, тобто більше на 40%.

Обтікання потоком рідини трубопроводу циліндричної форми поблизу плескатого екрану, якому може відповідати морське дно, робоча поверхня підводної платформи водолазів і т. п. відрізняється від аналогічного взаємодії із повністю нестислим потоком. У такому гідродинамічному процесі гнучкий та рухомий трубопровід вже не буде єдиним джерелом збурення потоку. У цьому випадку процес вихороутворення буде визначатися вже подвійною системою виду: "жорсткий екран – обтічний трубопровід". У ході щілинного руху потоку буде спостерігатися якісна зміна коефіцієнтів лобової та підйомної сили гнучкого трубопроводу. При такому русі потоку за аналогією з ефектом

Магнуса з'являються додаткові сили, які виражаються в тяжінні або відштовхуванні обтічного тіла або поверхні, що екранує. При цьому, чим вище швидкість потоку в зазорі між тілом і екраном, тим більше можуть бути такі сили.

Результати досліджень для процесу обтікання циліндричного трубопроводу у присутності екрануючої поверхні морського дна показані на рисунках 1–2. Дослідження проводилися для трьох положень трубопроводу стосовно екрануючої площини: трубопровід лежить на дні; труба віддалена від екрана одну чверть її діаметра; зазор дорівнює одному діаметру труби.

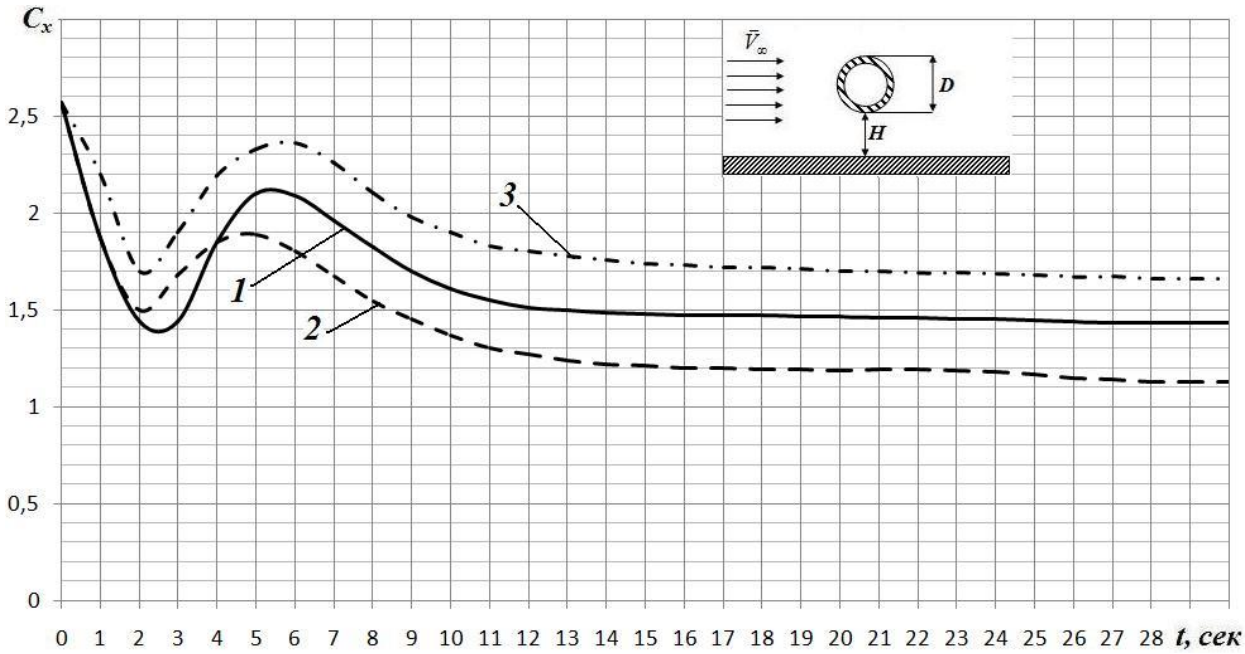


Рисунок 1 – Зміна у часі коефіцієнта лобового опору C_x
циліндричного трубопроводу на різних відстанях від жорсткого екрану
1 – D/H=0; 2 – D/H=0,25; 3 – D/H=1

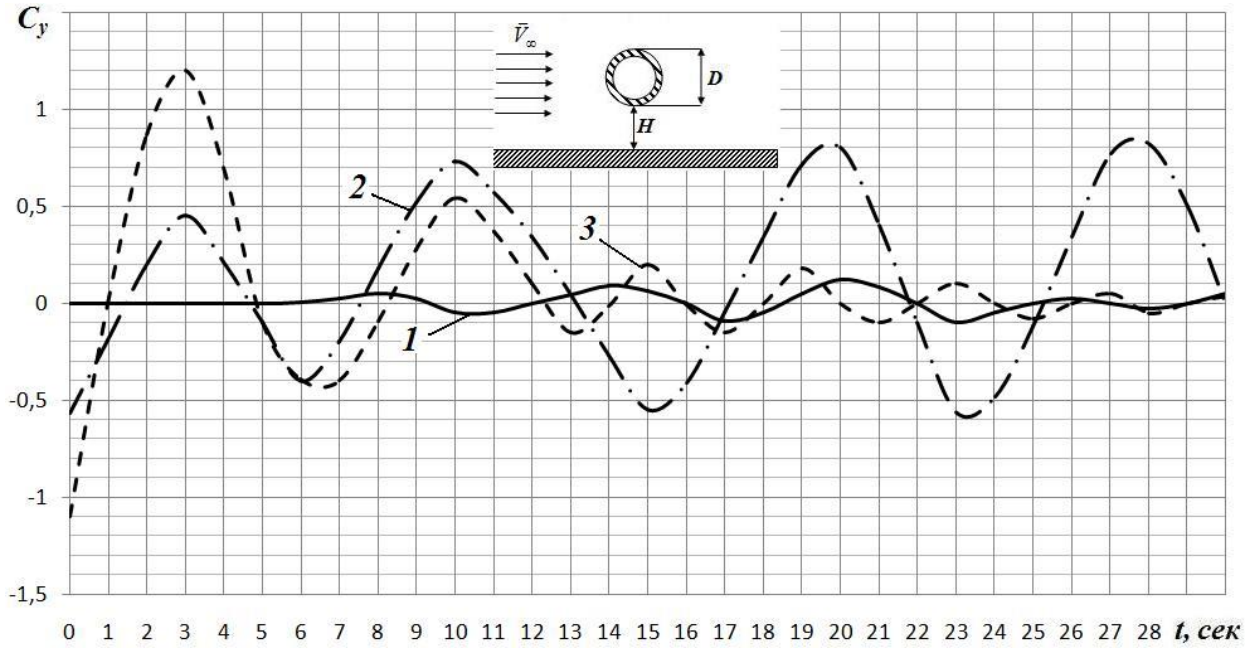


Рисунок 2 – Зміна у часі коефіцієнта піднімальної сили C_y
циліндричного трубопроводу на різних відстанях від жорсткого екрану
1 – *D/H=0*; 2 – *D/H=0,25*; 3 – *D/H=1*

Як видно на рис. 1 коефіцієнт опору C_x гнучкого циліндричного трубопроводу приймав свій стабільний стан у часі починаючи з 15 секунд руху рідини. На графіках видно, що результат виходу цього коефіцієнта на практично незмінне чисельне значення є повністю ідентичним до всіх трьох значень щілинного зазору між гнучким трубопроводом і жорсткою поверхнею, що екранує.

Аналогічні результати на рис. 2 щодо зміни коефіцієнта піднімальної сили C_y, дозволяють зробити висновок, що цей параметр при роботі гнучкого трубопроводу весь час знаходиться в режимі автоколивань. Період і амплітуда цих коливань вже безпосередньо залежать від зміни величини щілинного зазору між жорсткою поверхнею, що екранує і трубопроводом. На графіку показана зміна величини коефіцієнта піднімальної сили C_y залежно від безрозмірного геометричного параметра – ступеня віддаленості гнучкого трубопроводу від плескатого жорсткого екрана D/H.

На рис. 2 видно, що зі зменшенням величини зазору між трубопроводом і поверхнею, що екранує амплітуда коливань починає зменшуватися. У цьому випадку також спостерігається зміщення частоти (періодичності) коливань трубопроводу у більшу сторону.

Для кожного гнучкого суднового трубопроводу особливу увагу необхідно приділяти питанням, пов'язаним з його допустимими довжинами при роботі на морській поверхні. При використанні гнучких труб в умовах роботи на воді завжди необхідно використовувати системи поплавця. Такі системи можуть виконувати роль гасників вимушених коливань і забезпечувати умову експлуатації з рівномірно розподіленим навантаженням. Відстань між поплавцями необхідно вибирати за загальним правилом: якщо значення безрозмірної швидкості потоку на поверхні труби становлять більше 63% від швидкості потоку, що натікає, то робоча довжина вільної ділянки гнучкого трубопроводу не повинна перевищувати 45 м.

Висновки. В якості нового способу зниження або запобігання аварійним розривам зовнішніх гідравлічних ліній морського судна встановлено основні технічні рішення, які дозволяють підвищити ефективність експлуатації морських суден за рахунок встановлення якісних режимів експлуатації гнучких трубопроводів та зменшення аварій, пов'язаних з їх автоколиваннями.

В якості основних параметрів, що відображають ефективність експлуатації гнучких трубопроводів під водою запропоновано використовувати максимальну робочу довжину секції гнучкого трубопроводу, число Струхаля, що розраховується на основі частоти вимушених коливань гнучкого трубопроводу та критичну швидкість натікання зовнішнього потоку на гнучкий трубопровід.

Характер зміни розподіленого навантаження на одиницю довжини гнучкого трубопроводу показує, що починаючи зі значень безрозмірної швидкості потоку більше 63% від швидкості потоку на нескінченності робоча довжина гнучкого трубопроводу повинна бути обмежена максимальним значенням, що дорівнює 45 м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Al–Hashimy Z., Al–Kayiem, H., Hasan, F., Mohmmedd, A. Effect of Various Fluid Densities on Vibration Characteristics in Variable Cross–section Pipes. Journal of Applied Sciences, 2014, №14(18), pp. 2054–2060.

2. Berge S., Engseth A., Fylling I. "Handbook on design and operation of flexible pipes," Tech. Rep. STF70 A92006, FPS 2000, Flexible Risers and Pipes, NTNF Research Program, Stavanger, Norway, 2024.

3. Chai Y., Varyani K. (2006). An absolute coordinate formulation for three–dimensional flexible pipe analysis. Ocean Engineering, Volume 33, Issue 1, January 2006, pp. 23–58.

4. Y. M. Hose and Sea flex, Offshore Loading and Discharge Hose, 2023, The Yokohama Rubber Company.

НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ КОНТАКТНОЇ ПАРИ ГІДРОПРИВОДУ «ГІДРОЦИЛІНДР – УЩІЛЬНЕННЯ ПОРШНЯ»

Мачуга О. С., Шалапай В. В.
Національний лісотехнічний університет України
(Україна)

Вступ. Актуальність дослідження. Надійність експлуатації та енергозбереження контактної пари «гідроциліндр – ущільнювач» (або ущільнюючий елемент) є істотними аспектами в роботі гідроциліндра. Використання відповідного типу мастила, високоякісних матеріалів і правильне проєктування ущільнювача є ключовими для забезпечення надійної роботи гідроциліндра. Відповідні матеріали мають прийнятні характеристики стійкості до тиску, тертя та зносу. Раціональне профілювання ущільнювача дозволяє забезпечити ефективне ущільнення між поршнем і циліндром, зменшуючи витрати енергії на втрати тиску рідини зношування та тертя. Для ефективної експлуатації гідроциліндра потрібна своєчасна заміна ущільнювача. Уникнення надмірної втрати гідравлічної рідини через нещільності в гідроциліндрі допомагає забезпечити ефективне функціонування ущільнювача та зменшує витрати енергії. Тому вдосконалення методів розрахунку зношення матеріалу ущільнювача та прогнозування терміну його придатності є актуальною та важливою задачею з огляду на енергоефективність та екологічні чинники.

Постановка задачі. Основним завданням цієї роботи, є підготування теоретичних основ розрахунку періодичності заміни ущільнень. Описано модель стану гідроциліндра для статичної задачі. Розглядається його нерухоме положення під дією зовнішньої осьової сили. Нестаціонарна модель експлуатації розглядатиметься в подальшому.

Допустимо, що сили опору пов’язуються тільки з сухим тертям тоді повна енергія деформації $A_{вн} - A_{зовн}$ витрачається на тертя $A_{оп} = f \cdot F\Delta l$, де Δl – переміщення, тоді розглядатимемо баланс енергії до переміщення.

Енергія, накопичена стисненою гідравлічною рідиною, не може виникати раптово, оскільки прикладена сила наростає поступово від *0* до *F* – максимального значення, тому потенційна енергія внутрішніх сил має множник *0,5*. Це пояснюється тим, що енергія – це є площа під діаграмою «сила – переміщення» [1]. Якщо тертя відсутнє, то отримаємо відому формулу:

$$F = p\frac{\pi D^2}{4} \tag{1}$$

Енергію деформації визначимо за формулою (2), врахувавши роботу зовнішніх та внутрішніх сил:

$$E_{деф} = -A_{вн} + A_{зовн} = -\frac{1}{2}E\frac{\Delta l^2}{l}\frac{\pi D^2}{4} - F\Delta l \tag{2}$$

Робота сил опору, які діють в супротив руху поршня на величину зміщення Δl , викликаного стисненням рідини:

$$A_{оп} = -E_Q = -fF\Delta l \tag{3}$$

Розглядатимемо структуру енергетичного ресурсу системи «поршень-стиснена рідина-зовнішня сила». Ексергія, визначає частину енергетичного ресурсу, яка доступна для використання у вигляді корисної роботи. Втрати ексергії в механічній системі зазвичай пов’язані з необоротними процесами та втратами, такими як теплові втрати або тертя. Анергія це енергія системи, яка не доступна для використання у вигляді корисної роботи. Це включає в себе енергію, яка захоплена в невідновлюваних процесах, таких як теплові втрати, втрати тиску, фрикційні втрати, подрібнення тощо. Анергія не може бути перетворена на корисну роботу без втрат, які пов’язані з незворотними процесами [2].

Тоді в даному випадку схематично зобразимо співвідношення сил та енергій.

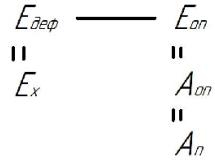


Рисунок 1 – Структурування енергетичного ресурсу на ексергію та анергію

Співставивши вище наведені формули, отримаємо:

$$E_x - A_n = -\frac{1}{2} E \frac{\Delta l^2}{l} \frac{\pi D^2}{4} + F\Delta l + fF\Delta l \tag{4}$$

Для сили тертя в зоні контакту ущільнюючого елементу з корпусом гідроциліндра:

$$F_m = N \cdot f' \tag{5}$$

де N – сила притискання, яка пропорційна тиску та площі поверхні, на яку діє цей тиск.

$$N = \delta_k \cdot S = \delta_k \cdot b\pi D \tag{6}$$

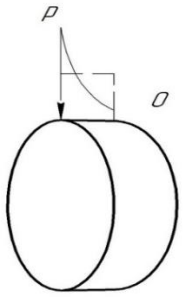


Рисунок 2 – Схема розподілу тиску по площі ущільнювача

Для спрощення приймемо, що $\delta_k = const = p \cdot k_k$, де k_k – усереднюючий коефіцієнт. Звідси отримаємо:

$$F_m = p \cdot k_k \cdot \pi bDf' \tag{7}$$

Тоді формула повної енергії деформації системи з елементами сил тертя виглядатиме:

$$E = E_{деф} - A_{оп} = E_x - A_n = E\frac{1}{2}\frac{\Delta l^2}{l}\frac{\pi D^2}{4} - F\Delta l + pf\pi Db\Delta l =$$

$$= \frac{1}{2} E \frac{\Delta l^2}{l} \frac{\pi D^2}{2} - (F - pf\pi Db)\Delta l \tag{8}$$

Наступним кроком, проведемо варіацію вище наведеної формули:

$$\delta E = \frac{\partial E}{\partial l}\delta\Delta l = \frac{1}{2} E \frac{2\Delta l^2}{l}\frac{\pi D^2}{4} - F + pf\pi Dl = p\frac{\pi D^2}{4} - F + pf\pi Db \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -F + p\frac{\pi D^2}{4} + pf\pi Db = -F + p(\frac{\pi D^2}{4} + \pi fDb) \le 0 \tag{9}$$

Звідси

$$F = p(\frac{\pi D^2}{4} + f\pi Db) \tag{10}$$

Виведені формули відповідають класичному варіанту:

$$F \ge p\frac{\pi D^2}{4} + p\pi Dbf = p\frac{\pi D^2}{4} + Ff$$

$$p = \frac{F}{\frac{\pi D^2}{4} + \pi fDb} \tag{11}$$

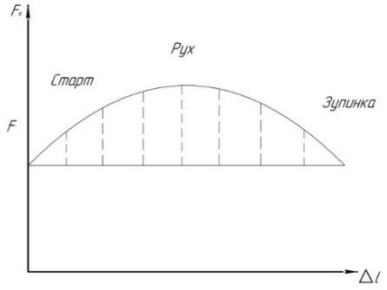


Рисунок 3 – Графік співвідношення дії сили до просідання

Із урахуванням трансформації механічної енергії на сухе тертя:

$$E = E\frac{1}{2}\frac{\Delta l^2}{l}\frac{\pi D^2}{4} - (F\Delta l - pf\pi Db\Delta l) \tag{12}$$

Для потужності в'язкісних втрат можемо записати:

$$N_\mu = \int_V \tau \frac{dv_f}{dh} dV, E_\mu = N_\mu \cdot t \tag{13}$$

де t – час спостереження.

Із співвідношення швидкості потоку рідини до швидкості поршня, випливає:

$$\frac{v_f}{v_p} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi DH} = \frac{D}{4H} \tag{14}$$

Використаємо класичну формулу для визначення втрат рідини через нещільність [5].

$$\Delta Q = \frac{\pi DH^3}{12\mu l}\Delta p = \pi DH \cdot v_f \tag{15}$$

Звідси, середня швидкість потоку рідини через нещільність:

$$v_f = \frac{H^2}{12\mu l} p \tag{16}$$

Повертаючись до вихідної формули, використаємо закон Ньютона для в'язких рідин:

$$\tau = -\mu \frac{du}{dh} \tag{17}$$

Розподіл асиметричний, тому важливим є тільки потрібна координата, нехай вона змінюється:

$$\frac{dv_f}{dz} = -\frac{qgI}{\mu} z, -\frac{H}{2} \le z \le \frac{H}{2} \tag{18}$$

Гідравлічний ухил:

$$I = \frac{\Delta h}{l} \tag{19}$$

Зміна напору в системі:

$$\Delta h = \frac{p}{qg} \tag{20}$$

Формула розподілу швидкості під час витікання рідини через плоску нещільність:

$$\frac{dv_f}{dz} = -\frac{p}{l}\frac{z}{\mu} = -\frac{p}{\mu}\frac{z}{l} \tag{21}$$

Якщо це врахувати в інтегралі (13):

$$N_\mu = \pi Dl\mu \int_{-H/2}^{H/2} \frac{p^2}{\mu^2}\frac{z^2}{l^2} dz = \pi Dl\mu \frac{p^2}{\mu^2}\frac{1}{l^2}\int_{-H/2}^{H/2} z^2 dz \tag{22}$$

Тоді, формула потужності в'язкого тертя виглядатиме:

$$N_\mu = \pi Dl\mu \frac{p^2}{\mu^2}\frac{1}{l^2}\frac{1}{12}H^3 = \frac{p^2}{\mu}\frac{\pi D}{l}\frac{1}{12}H^3 = \frac{p^2}{12\mu}\frac{\pi DH^3}{l} \tag{23}$$

Робота в'язкого тертя – це енергія, яка витрачається на подолання внутрішніх тертя при руху рідини або газу через трубопровід, канал або іншу систему. Ця робота зазвичай перетворюється на тепло, оскільки внутрішні тертя викликають нагрівання рідини або газу.

У трубопровідній гідродинаміці роботу в'язкого тертя можна визначити як добуток сили тертя на відстань, яку потрібно пройти:

$$A_\mu = N_\mu \cdot \Delta t = \frac{p^2}{12\mu}\frac{\pi DH^3}{l}\Delta t = \frac{pH^2 \cdot p\pi DH}{12\mu l}\Delta t = v_f\, p\pi DH\Delta t \tag{24}$$

Для більшої наочності, проведемо перевірку для вище наведеного виразу, за класичними формулами середньої швидкості потоку рідини та тиску [осипов].

$$v_f = v_p \cdot \frac{p}{4H}$$
$$p = \frac{12\mu v_f}{H^2} l \tag{25}$$

Тоді, вираз роботи в'язкого тертя:

$$A_\mu = v_p \frac{D}{4H}\cdot\frac{12\mu v_f}{H^2} l\cdot\pi DH\Delta t = {v_p}^2 \frac{D^2}{16H^2}\frac{12\mu}{H^2} l\cdot\pi DH\Delta t =$$
$$= \frac{3}{4}{v_p}^2 \frac{D^3}{H^3}\mu\pi l\Delta t \tag{26}$$

Висновки. Отримані вирази ексергії та анергії є вагомими для встановлення енергетичних особливостей перебігу процесів, які відбуваються у фрикційній взаємодії контактної пари «гідроциліндр-ущільнювач» та є ключовими аспектами в забезпеченні ефективної роботи гідроциліндрів у різних промислових застосуваннях. Використання підходу у загальному випадку може привести до встановлення експлуатаційних умов, за яких частка енергії, яка витрачається на знос матеріалу буде мінімальною. За таких обставин строк служби ущільнювача значно збільшиться.

Враховуючи важливість надійності та енергоефективності ущільнювачів для ефективної роботи гідроприводів у промислових умовах, подальше дослідження та вдосконалення теоретичних основ розрахунку періодичності заміни ущільнень, конструкцій та технологій виготовлення ущільнювачів відіграє ключову роль у забезпеченні надійної та енергоефективної роботи гідроциліндрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Божидарник В. В., Сулим Г. Т. Теорія пружності. Т.1 Загальні питання. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2012. 551 с.

2. Баер Г. Энергия, эксергия, анергия. *Энергия и эксергия: под ред. В. М. Бродянского*. москва: Мир, 1968. С. 12–27.

ВУГІЛЬНІ ПАЛИВА ЯК ТУПИКОВИЙ ШЛЯХ РОЗВИТКУ СУДНОВИХ ПАЛИВ

Настасенко В. О., Бабій М. В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Проценко В. О.
Хесонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Пошук альтернативних суднових палив є актуальною і важливою задачою сучасного судноплавства. Обумовлено це 3-ма основними цілями, з яких на 1-е місце висунулась потреба зменшення шкідливих викидів при їх спалюванні. Якщо раніше основна увага приділялась зменшенню викидів від спалювання сірки, азоту, важких металів та інших шкідливих речовин, які містяться в паливі, то зараз основна увага приділяється зменшенню викидів газів парникової групи, які утворюються при спалюванні вуглецю С. Він складає основну частину усіх сучасних суднових палав, як на базі нафти, так і природного газу. Вуглець веде до утворення діоксиду CO_2 і оксиду СО вуглецю, що є основою газів парникової групи, збільшення яких в атмосфері веде до зростання загрози глобального потепління клімату Землі. На сьогоднішній час – це одна з головних проблем людства, вирішенню якої приділяється постійна увага [1], у т.ч. на флоті – Міжнародною морською організацією (ІМО) [2].

На другому місці залишилась поблема вичерпності палив, оскільки їх запаси обмежені обсягом природних родовищ Землі. Якщо раніше кризу нехватки нафти пророкували на кінець XX, чи початок XXI століття [3], то сучасна космічна розвідка родовищ дозволила зробити крок в океани і відсунула цю проблему на кінець XXI століття. Але проблема все одно залишилася, оскільки кінець XXI століття неупинно наближається.

На третє місце зсунулася проблема отримання прибутків судновласників від заміни палив, але в сьогодення для них це поки що більш важлива проблема, ніж перші 2 проблеми, оскільки вважається, що парниковий ефект і нестача нафти проявляться лише у віддаленій перспективі, що є дуже шкідливою точкою зору.

Пошук альтернативних палив продовжується і серед них важливим напрямом є перехід на вугільне паливо, оскільки його розвідані запаси в 4–5 разів більші запасів нафти, і в 3–4 рази більші запасів природного газу.

Однак з переходом на вугільні палива виникають великі проблеми. Першою з них є проблема збільшення шкідливих викидів від їх спалювання, оскільки при спалюванні 1 кг вугілля утворюється 3,67 кг діоксиду вуглецю, для нафти – 3,14 кг, а для природного газу – 2,75 кг [4].

Однак екологічним проблемам використання вугільних палив була присвячена попередня робота одного з авторів [5], тому в даній роботі основна увага приділена техніко-економічним проблемам. Вирішення цих питань є головною метою виконуваної роботи, а її науковою новизною є обгрунтування проблем і перспектив використання вугільних палив для суднових двигунів внутрішнього згоряння на базі їх детального техніко-економічного аналізу.

Нові результати роботи та їх обговорення.

В основу роботи покладена монографія [6], яка присвячена «розгляду питань підвищення ефективності роботи суднових двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), що працюють на альтернативних паливах». Серед них основними виділені палива на базі природного газу та вугільні палива.

Оскільки проблеми переходу на газове паливо розглядаються, уже більшьше, ніж 50 років, тому в цілому вони висвітлені і розв’язані достатньо повно і не розглядаються у

виконуваній роботі. Не зважаючи на те, що проблемі переходу на вугільне паливо, теж більше 100 років, але детально вона не вирішена, тому розглядається в даній роботі.

Ці техніко-економічні проблеми слід розділити на такі основні групи:

1. Добування і транспортування вугілля.
2. Розвиток портової інфраструктури зберігання і доставки вугілля на судно.
3. Подрібнення вугілля до стану спалювання в ДВЗ.
4. Зберігання вугільного палива на судні.
5. Подача вугільного палива до двигуна і в камеру згоряння.
6. Сумішеутворення і процеси згоряння.

Якщо додаткове добування вугілля для суднового палива – не дуже складна проблема, оскільки промислові потужності для цього є, але його транспортування потребує росту кількості вагонів і завантаження залізничних доріг та залізничного транспорту. Оскільки даний процес буде поступовим, то технічні проблеми не станунь неподоланними. Але потреба у інвестиціях залишиться, що потребує їх врахування і планування з пошуком джерел їх фінансування.

Аналогічні техніко-економічні проблеми має розвиток портової інфраструктури для зберігання і доставки вугілля на судно. Однак ці питання виходять за рамки питань, які розглядаються у данній роботі, тому подальша увага їм не приділяється.

Значно більшою техніко-економічною проблемою є подрібнення вугілля, в якій можна виділити 2 варіанти:

1. Подрібнення до стану, з якого можуть бути утворені водно-вугільні паливні суміші, найбільш прості у подачі їх у ДВЗ і розпорошенні їх у камері згоряння. Однак при цьому ступінь подрібнення повинен становити 5–8 мкм, для проходження цих частинок у зазорах форсунок ДВЗ, які є важливими і відповідальними пристроями. Від них залежить якість роботи суднових двигунів, особливо – їх безперервна надійність протягом сотень годин виконання рейсів (24 години×30 діб = 720 годин). Обумовлено це тим, що вугільні частки мають абразивну дію на точні поверхні і зазори форсунки. Навіть їх алмазне покриття (велика розкіш для ДВЗ), обмежує час їх надійної роботи лише до 500–1000 годин, тобто – на 1 рейс. Після цього потрібна їх заміна, що погіршує умови і витрати на експлуатацію двигуна.

Для такого рівня подрібнення вугілля потрібна побудова відповідних млинів у всіх портах, оскільки доставка у вагонах і зберігання такого вугільного пилу недоцільні, тому, що може вести до їх злипання, особливо при наявності вологи, яка є постійною у природному стані повітря. Потрібна також розробка і виготовлення систем для подачі вугільного пилу на судна і відповідних суден-бункерувальників. Слід також зважити на те, що така ступінь подрібнення вугілля є вибухонебезпечною, що потребує відводу млинів подалі від території портів і вирішення проблеми доставки пилу до порту.

Таким чином, великі техніко-економічні проблеми цього шляху ведуть до повного його відкидання.

У роботі [6] цей шлях також визнаний недоцільним і запропоновано вариант, який відомий із попередніх науково-технічних робіт інших авторів із різних країн світу.

2-й варіант передбачає подрібнення вугілля до розмірів 5–6 мм, яке спалюється не в робочому циліндрі ДВЗ, а в спеціальному виносному пристрої – реакторі. У ньому попередньо розігріте до температури ≈ 1000º С вугілля утворює робочий газ, який разом з повітрям потім вводиться в циліндр ДВЗ через систему каналів. У реакторі необхідне завантаження вугілля шарами, що потребує додаткових технічних рішень і витрат на нагрів та на процес завантаження, оскільки час на нього становить не більше ½ такту роботи ДВЗ. Це веде до обмеження вживання лише для малообертових ДВЗ, тому повна відмова від нафтових палив не буде можливою, оскільки на всіх суднах експлуатуються дизельгенератори з високообертовими ДВЗ. Це веде до дублювання паливних систем і інфраструктур, як на судні, так і в портах. При цьому частинки вугілля розміром 5–6 мм мають інерцію руху і зупинки, яку не мають молекулярні системи традиційних палив.

Абразивний знос систем подачі таких частинок також існує. Для розробки і широкого випробування та виробництва таких двигунів з реакторами теж потрібен час і інвестиції.

Сумішеутворення і процеси згоряння таких палив у ДВЗ виходять за межі задач виконуваної роботи, тому детально не розглядаються.

Зважаючи на те, що теплотворна спроможність вугілля в 1,7 разів менша, ніж у нафтових палив, тому для досягнення однакової потужності з існуючими ДВЗ потрібне буде адекватне збільшення кількості їх циліндрів та ємностей для зберігання палива на судні. Це відповідно вплине на об'єм і архітектуру машинних відділень та на додаткові техніко-економічні витрати для їх розробки і будування на судні.

Зберігання вугільного палива на судні, його транспортування до ДВЗ і подача в камери згоряння також суттєво відрізняється від нафтових палив, тому потрібна техніко-економічна розробка й цих варіантів із залученням додаткових інвестицій.

Враховуючи, що шкідливі викиди CO_2 при цьому збільшуються, майже в 2 рази, перехід на вугільне суднове паливо слід вважити недоцільним. Перевагу мають інші відомі шляхи, які пов'язані з воднем і аміаком, як паливом для ДВЗ. Тому витрати часу та інвестицій на розробку вугільних ДВЗ краще направити у ці напрямки.

Висновки

1. Перехід на будь-який вид вугільного палива для суднових ДВЗ пов'язаний із значними додатковими технічними проблемами і економічними витратами.

2. Зміни потрібні на всьому ланцюгу виробничих процесів: від добування вугілля, його транспортування і подрібнення, до розвитку відповідної інфраструктури портів і суден-бункерувальників, а також вимагають значної переробки ДВЗ і його систем подачі палива, які пов'язані з великим часом та інвестиціями на їх розробку і випробування.

3. Наведені висновки мають характер рекомендацій і не заважають розробникам займатися проблемами вугільного палива для ДВЗ, але спонукають замислитися.

ЛІТЕРАТУРА

1. COP 21 In Paris – 2015. Paris Agreement Summary https://unfccc.int/process-and-meetings/theparisagreement?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwMqvBhCtARIsAIXsZpZJEiVaNRnawQ9j_vq9A-xBFaQrpl1FPW4ybhEnqmT6Er5EpMl_u8AaAtMAEALw_wcB.

2. Міжнародна конвенція щодо запобігання забрудненню з суден (MARPOL 73/78) з додатками. https://www.juris.vernadskyjournals.in.ua › part_3PDF.

3. Кемпбел К. Грядущий нефтяной кризис –М.: Группа независимых издателей, 1997. 210 с.

4. Severn A. Shipboard Petroleum Surveys – London: Anchorage Press LTD. 1995. – 56 p. Text engl.

5. Настасенко В.О. Водно-вугільні паливні суміші на транспортному флоті і екологічні проблеми їх використання Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 15-а Міжнародна науково-практична конференція, 13-15 березня 2024 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія. С.169–170.
https://drive.google.com/file/d/1Zv8dRuqiricb48_vMjXFWXAkCTa4Q4K0/view?usp=sharing

6. Білоусов Є.В. Теоретичні основи робочих процесів в суднових двигунах, що працюють на альтернативних паливах. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. – 444 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГАСІННЯ ХВИЛЬ НА ПОВЕРХНІ РІДИНИ ЕКРАНАМИ З ОДНОСТОРОННЬОЮ ПРОНИКНІСТЮ

Нікольський В. В. *д.т.н. професор*
Національного університету "Одеська морська академія" (Україна)
Слободянюк М. В. *к.т.н., доцент*
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету
"Одеська морська академія" (Україна)
Чабан О. Х.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету
"Одеська морська академія" (Україна)

Дослідження процесів руйнування хвиль на поверхні рідини має важливе значення для рішення задач захисту берегів, гідротехнічних споруд, суден та інших плавучих об'єктів від хвильового впливу.

В роботі пропонується нова математична модель процесу руйнування хвиль екранами з односторонньою проникністю, яка враховує ряд факторів, що не враховувалися в попередніх дослідженнях.

Мета дослідження: Дослідити процес руйнування поверхневих хвиль на поверхні рідини екранами з односторонньою проникністю за допомогою чисельного моделювання.

У роботі пропонується математичне моделювання процесу руйнування поверхневих хвиль горизонтально встановленими екранами з односторонньою проникністю.

Процес руху хвиль на поверхні рідини моделюється наступною системою диференціальних рівнянь гідродинаміки важкої ідеальної нетиснимої рідини у двовимірній нестаціонарній постановці, що виражає закони збереження маси, імпульсу та енергії [2]:

$$div\bar{v} = 0, \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} + div(u\bar{v}) + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = 0, \tag{2}$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} + div(u\bar{v}) + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = -g. \tag{3}$$

Система диференціальних рівнянь (1) – (3) дозволяє знайти невідомі функції: u, v – проекції швидкості рідини на осі координат x та y; p – проекції тиску рідини на осі координат x, y; τ – час.

Багаторазове повторення обчислювальних кроків за часом дає змогу побудувати модель руху хвиль на поверхні рідини.

На початковому етапі рідина перебуває у стані спокою по всій області. Граничні умови включають умови непроникності середовища на твердих межах і умови односторонньої проникності на поверхні рідини, де встановлений напівпроникний горизонтальний екран. Так, на ділянках таких поверхонь, де швидкість потоку спрямована проти напрямку сили тяги, виконуються умови вільного протікання знизу догори (перегородка відкрита), а коли швидкість потоку спрямована вздовж напрямку сили тяги, умова протікання не виконується (перегородка закрита). Тиск на вільній поверхні вважається постійним.

Для чисельного розв'язання задачі використовувався алгоритм, побудований на основі методу "крупних часток", що дозволяє вивчати складні процеси руху хвиль з багатократним повторенням кроків у часі. Область розв'язання задачі розділяється нерухомою фіксованою у просторі (ейлеровою) розрахунковою сіткою, але саме

середовище трактується як дискретна модель - розглядається сукупність часток фіксованої маси (лагранжова сітка), які рухаються через ейлерову сітку. Ці частки використовуються для визначення параметрів швидкості рідини, в той час як ейлерова сітка використовується для визначення тиску.

Розрахункові дані про рідину всередині експериментального каналу подано у вигляді таблиць, які відображають зміни тиску та компонентів швидкості вздовж експериментального каналу на кожному часовому кроці. Проведений аналіз цих таблиць показує значне зменшення амплітуди хвилі за напівпроникним екраном на всій довжині експериментального каналу.

Запропонована математична модель може бути використана для прогнозування процесу руйнування хвиль екранами з односторонньою проникністю.

Отримані результати можуть бути використані для проектування та будівництва захисних споруд від хвильового впливу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Коліон В. А. Обчислювальна гідромеханіка. Модельні задачі : Навчальний посібник, ВПЦ “Київський університет”, 2011. – 175 с.

2. Константінов Ю. М. Технічна механіка рідини і газу, Київ: Вища школа, 2002. – 358 с.

3. Копійка П. І., Чабан О. Х. “Гасіння ударних хвиль в плоскому каналі екранами з односторонньою проникністю”, Теорія і практика процесів подрібнення, розділення, змішування та ущільнення. Збірник наукових праць – Одеса, 2001.– С. 35–39.

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ У СФЕРІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ МОРСЬКИХ ПОРТІВ

Павлова Н. Л., Магамадов О. Р.
Одеський національний морський університет (Україна)

Вступ. Глобальне потепління визнано однією із основних проблем людства [1]. Боротьба із зміною клімату на планеті давно стала основним напрямком у більшості розвинених країн. Проблема глобального потепління, що спричинено викидами діоксиду вуглецю (CO2), знайшла своє відображення у 2015 році, коли 196 країн приєдналися до документа "Паризька угода", що впроваджує різні заходи із зменшення викидів CO2 з 2020 року. Декарбонізація зачіпає різні галузі промисловості та транспорту, при цьому портовий сектор не є винятком.

Актуальність питання. Морські порти вважаються одним з основних двигунів світової економіки та є ключовим елементом транспортної, судноплавної, туристичної та рибальської галузей. Разом з цим, порти стикаються зі зростаючим тиском зменшення свого вуглецевого сліду при одночасному підвищенні енергоефективності і глобальної конкурентоспроможності. мають проявити більше ініціативи, щоб наблизитись до світових досягнень у цій сфері

Мета. Аналіз сучасних тенденцій, трендів, а також визначення основних напрямків процесу декарбонізації в морських портах.

Результати дослідження. Зростання активності в морських портах вплинули на навколишнє середовище, включаючи високі викиди вуглецю, шум в результаті діяльності в морських портах, високе споживання енергії і серйозний вплив на здоров'я населення прибережних міст поблизу морських портів.

Ключовими факторами, що сприяють декарбонізації морських портів, є використання поновлюваних ресурсів, оптимізація витрат, впровадження інтелектуальних технологій, встановлення правил та положень щодо екологізації морських портів [2].

Існуючі дослідження у цьому напрямі використовують останні досягнення в галузі цифрових технологій і зосереджені на наступних напрямках: скорочення викидню вуглецю, використання відновлювальних джерел енергії, оптимізація витрат, впровадження інтелектуальних технологій управління, регуляторний ландшафт для озеленення морських портів, керівні принципи передової практики для «розумних», «зелених» портів.

Морські порти розпочали цифрову трансформацію в рамках програми боротьби з глобальним потеплінням з ключовою метою скорочення викидів вуглецю по всьому ланцюжку створення вартості.

Останнім часом було розроблено та впроваджено низку проєктів інтелектуальних енергетичних технологій з метою максимізувати використання відновлюваних джерел енергії та скоротити викиди вуглецю.

Декілька проєктів були спрямовані на розробку та реалізацію правил для впровадження стійких стратегій портової діяльності.

Одним із найбільших проєктів із цифрової трансформації морських портів є проєкт Стокгольмського Королівського морського порту. Його метою є впровадження та розвиток безпаливного морського портового району з бюджетом близько 2,2 млрд. євро. Ця ініціатива також включає розвиток найбільшої міської території у Швеції, будівництво понад 12 тис. нових будинків та створення понад 35 тис. робочих місць [3].

Green EFFORTS «Зелені та ефективні операції на терміналах та в портах» – це дослідницький проєкт, який фінансується спільно з Європейською комісією та спрямований на зниження споживання енергії та використання екологічно чистої енергії в портах. Цей проєкт надає інструменти стратегічного планування для портів та терміналів

щодо скорочення викидів вуглецю та забезпечення більш інтелектуального управління енергоспоживанням у морських портах [4].

Проєкт APICE фінансується європейською програмою та спрямований на створення підходу до пом'якшення наслідків забруднення повітря та сталого розвитку портової діяльності, заснованої на політиці просторового планування на місцевому рівні, що включає територію навколо морських портів. Цей проект спрямований на те, щоб допомогти інтегрувати генеральний план порту та пов'язані з ним інвестиції у морські порти [5].

Сучасні дослідження показують, що крім планування декарбонізації операцій у межах своїх кордонів, порти можуть розширювати свої пропозиції послуг у нових галузях, враховуючи зміни на системному рівні, які принесе декарбонізація.

У найближчі десятиліття промисловість, транспорт та опалення перейдуть від прямого використання викопного палива до водню та електрифікації. Порти – з об'єктами для імпорту ЗПГ, зв'язками з офшорними вітровими електростанціями та власним попитом на низьковуглецеве паливо – можуть стати природним місцем для виробництва, імпорту/експорту та зберігання водню.

У міру розвитку технології уловлювання та зберігання вуглецю також можуть з'явитися можливості для нових або адаптованих портових споруд, що обробляють зріджений вуглець. У міру зміни типів товарів, що продаються – зокрема, відмови від імпорту рідких та сипких матеріалів – можна вивчити можливості перепрофілювання існуючої інфраструктури та землекористування.

За наявності правильних стимулів каботажне судноплавство може також виступати як альтернатива великовантажним автомобілям з низьким рівнем викидів вуглецю.

Ці зміни відкриють перед портами нові можливості для співпраці з місцевою промисловістю, підприємствами та громадськими групами.

Наприклад, порт Осло співпрацює з місцевим заводом з переробки відходів в енергію, щоб використовувати їх відходи біогазу та надлишкове тепло.

Копенгагенський порт Мальме працює з місцевим муніципалітетом та комунальною компанією над створенням накопичувача енергії, який також може використовуватись містом.

В даний час у деяких портах розроблено так звані "дорожні карти нульового нетто – транспорту". Вони повинні допомогти реалізувати переваги, які може принести декарбонізація на системному рівні, а також сприяти скороченню викидів безпосередньо в портах та зонах їх впливу.

Висновок. Велика кількість досліджень та конкретних дій вже спрямовані на розвиток існуючих технологій та концепцій, які сприяють декарбонізації морських портів. Використання передового досвіду в цій галузі дозволить портам України швидше перейти у своїй практиці на найкращі світові стандарти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Резолюція Генеральної асамблеї ООН No45/212. URL: https://undocs.org/ru/A/RES/45/212 (Дата звернення 08.04.2024).

2. Ten ways to decarbonize ports. URL: https://piernextport.debarcelona.cat/en/environment/ten-ways-to-decarbonize-ports/ (Дата звернення 08.04.2024).

3. Ports and Harbours Bureau: 2.4 Carbon Neutral Port (CNP) Initiative. URL: https://www.mlit.go.jp/en/kowan/kowan_fr4_000011.html (Дата звернення 08.04.2024).

4. Green EFFORTS. URL: https://greenefforts.eu/ (Дата звернення 08.04.2024).

5. APICE – Common Mediterranean strategy and local practical Actions for the mitigation of Port, Industries and Cities Emissions. URL: http://www.apice-project.eu (Дата звернення 08.04.2024).

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СУДНОВОГО ДВИГУНА MAN B&W СЕРІЇ S60MC ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ

Погорлецький Д. С., Погорлецький М. М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) супроводжують сучасну людину у всіх сферах її життя та побуту, знайшли широке розповсюдження на виробництві та транспорті. ДВЗ широко використовуються не тільки на колісних транспортних засобах (ТЗ), але також набули широкого розповсюдження на морських та річкових суднах різних типів, легких та середніх літаках. Найчастіше ДВЗ є основним вузлом енергетичної установки, причиною відмови якого стає втрата працездатності перерахованих вище ТЗ. В цілому на даний час від 30 % до 50 % відмов різних ТЗ відбуваються через поломки механізмів та конструктивних елементів транспортних двигунів [1-3].

Актуальність дослідження. Актуальність робіт з підвищення працездатності та надійності деталей та механізмів ДВЗ, постійно зростає у зв'язку з посиленням умов експлуатації сучасних високофорсованих двигунів, з одночасною необхідністю зниження їх маси і габаритів. Деталі ДВЗ зазнають впливу тиску газів, сил тертя та високих температур під час роботи у різних режимах. Це актуально для деталей циліндропоршневої групи (ЦПГ), з огляду на негативний вплив цих навантажень та їх характер - переважно вони є циклічними і часто призводять до руйнівної втоми. Вагомий вплив на появу відмов мають також вібраційні навантаження, в цілому умови роботи деталей ДВЗ характеризуються високою тепловою та механічною напруженістю [1–4]. Підвищення надійності ДВЗ здатне забезпечити позитивний економічний ефект в період експлуатації судна, за рахунок скорочення часу простою та підвищення продуктивності, зменшення витрати на ремонт і придбання запасних частин. Підвищення працездатності та ресурсу ДВЗ рівноцінно збільшенню їх випуску [1–6].

Постановка задачі. Надійність сучасних форсованих суднових дизелів в значній мірі визначається працездатністю їх деталей, які утворюють камеру згоряння. Численні випадки відмов деталей циліндропоршневої групи ДВЗ різних призначень змушують все більш ретельно підходити до оцінки умов роботи цих деталей на стадії проектування та в експлуатації. За даними Норвезького класифікаційного товариства, отриманими на основі аналізу надійності 930 малообертових суднових двигунів протягом двох років експлуатації, 22 % пошкоджень відбулися саме у ЦПГ, основною їх причиною є теплові перевантаження. З цієї причини наявність об'єктивних даних про параметри, характеризуючі телонапруженість деталей ЦПГ в експлуатаційних умовах, є одним з важливих чинників під час вирішення задач підтримання та забезпечення надійності суднових дизельних двигунів.

Результати досліджень. Працездатність об'єктів машинобудування залежить від стану окремих вузлів та деталей і безпосередньо пов'язана з умовами та режимами експлуатації, визначається комплексом критеріїв, а саме: жорсткістю, міцністю, вібростійкістю, зносостійкістю, теплостійкістю [1–6]. Для вузлів і деталей ДВЗ працездатність забезпечується високими значеннями поверхневої зносостійкості (для деталей вузлів тертя), корозійною стійкістю (для деталей, функціонуючих в агресивних середовищах), теплостійкістю (для деталей, працюючих в умовах високих температур), також механічними властивостями матеріалів. За наявними статистичними даними, зібраними протягом тривалого часу, надійність деталей ЦПГ визначає безвідмовність суднового двигуна внутрішнього згоряння (СДВЗ) загалом. Частка відмов двигунів, пов'язана з виходом з ладу деталей ЦПГ, становить 30…45 % загальної кількості відмов. Проблема забезпечення необхідного рівня надійності деталей вимагає проведення аналізу

їхнього напружено-деформованого стану з використанням методів математичного моделювання, а також експериментальних досліджень умов експлуатації. Аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок про те, що конструкторські та технологічні заходи спрямовані на забезпечення допустимого температурного стану деталей ЦПГ, є обов'язковою умовою надійної роботи двигуна. Одним з факторів, які визначають температурний та теплонапружений стан поршня, є інтенсивність відведення теплоти від нього в процесі експлуатації.

Існуючі методи контролю роботи дизельного двигуна, не передбачають безпосереднього вимірювання теплової напруженості, температур і напружень в стінках деталей ЦПГ. Тепловий стан двигуна оцінюється за непрямими параметрам, вважається, що підтримання цих параметрів в заданих межах має виключити теплові перевантаження деталей ЦПГ. Основні причини поломок суднових ДВЗ пов'язані з виходом з ладу деталей, сприймаючих тиск газів, а також температурні і механічні навантаження. До них відносяться деталі ЦПГ, а також деталі сприймаючі механічні навантаження , а саме деталі кривошипно-шатунного механізму (КШМ). За даними статистики, саме через поломку деталей КШМ і ЦПГ виходить з ладу до 50 % двигунів [1–3]. На поломки деталей ЦПГ відводиться значна частка – до 44 % [2–6]. При цьому рідко дефект носить локальний характер, зазвичай вихід з ладу однієї деталі спричиняє поломку ще декількох. Найбільш навантаженими є втулка, поршень та поршневі кільця, ці деталі відчувають основний вплив сил газів, високих температур та схильні до інтенсивного зносу в жорстких умовах експлуатації під час масляного голодання [1–5].

Основними дефектами, які призводять до виходу з ладу деталей ЦПГ відзначають саме такі: прогар денця поршня; задири циліндричної частини поршня та перенесення частини матеріалу поршня на гільзу циліндра; знос кілець, гільз і кепів поршня; закоксовування компресійних кілець; знос поверхні юбки поршня; поломка поршневого кільця з розбивкою перемичок поршня частинами зламаного кільця;тріщини у матеріалах циліндрових гільз;кавітаційне зношування та корозія зовнішньої поверхні гільзи; зрив верхнього бурта гільзи. Для забезпечення довговічності циліндрової втулки до її робочої поверхні висуваються такі вимоги, поверхня повинна: мати оптимальну шорсткість; мати достатню жорсткість для забезпечення мінімальної інтенсивності зношування; утримувати мастильний матеріал тим самим, знижуючи ймовірність виникнення мастильного голодування; бути корозійностійкою до речовин, що містяться в паливах, маслах та продуктах згоряння; бути теплостійкою, тобто витримувати високі температури, що діють з боку гарячих газів.

Основна частка поломок суднових двигунів пов'язана з виходом з ладу поршнів. Зазвичай у поршня в процесі роботи виникають дефекти: прогар днища і краю поршня; утворення тріщин; пригоряння кілець; знос і задири бічної поверхні; розбивка поршневих канавок та поломка перемичок. Деякі з перерахованих дефектів (знос та задири юбки поршня, розбивка поршневих канавок, прогар кромки поршня) призводять до підвищення витрати мастила, прориву газів з камери згоряння, що веде до зниження потужності двигуна та інших його експлуатаційних показників. Прогар днища поршня може призвести до виходу з ладу не тільки поршня, а й двигуна загалом. Поршень сучасного двигуна працює за високої температури. При цьому розподіл температури по тілу поршня відбувається нерівномірно. Максимальна температура спостерігається на днищі поршня і залежить від типу двигуна і досягає різних джерел до 260…450 °С [1–4]. По поверхні поршня, найбільш висока температура спостерігається в районі верхньої поршневої канавки (вогневого пояса) і становить за різними джерелами 190…260 °С.

Для забезпечення працездатності поршні суднових ДВЗ їх поверхні повинні задовольняти наступним вимогам: поверхня повинна мати оптимальну шорсткість (особливо юбка поршня); мати оптимальну твердість, що забезпечує можливість приробітку юбки поршня і високу зносостійкість; повинна бути корозійностійкою до агресивних

компонентів палив, масел та відпрацьованих газів; має бути теплостійкою, тобто витримувати високі температури в камері згоряння (до 450…500 °С) [1–6].

Під час постійного збільшення потужностей двигунів головною проблемою розвитку щодо компонентів камери згоряння є контроль теплового навантаження. Двигуни з коротким ходом поршня та великим діаметром мають відносно плоску камеру згоряння через відносно менший об'єм стиснення; це ускладнює розповсюдження палива, яке подається у циліндр, не наближаючись до елементів камери згоряння. Крім того, більша потужність означає збільшену кількість палива, що вводиться за один хід. Все це ускладнює контроль теплового навантаження компонентів. Теплові навантаження на циліндрову втулку можливо зменшити шляхом зближення сполучної поверхні між циліндровою втулкою і кришкою циліндра як можна більше (трохи вище самого верхнього поршневого кільця у верхній мертвій точці). Це означає, що більша частина теплового навантаження поглинається циліндровою кришкою, яка виготовлена зі сталі а отже, більш стійка до високих теплових навантажень. Крім того, кришка циліндра охолоджується рідиною системи охолодження, що робить відносно легко контрольований рівень робочої температури [1–6].

Поршень охолоджується маслом, це означає нижчу ефективність охолодження в порівнянні з охолодженням кришки циліндра, охолодження поршня маслом має ряд переваг. Оптимальним способом зниження температури на поршні є зниження теплового навантаження на ньому, це можливо виконати шляхом зміни форми камери згоряння, в тому числі і форми поршня, щоб забезпечити більше місця навколо паливних форсунок. Нова форма поршня названа формою (Oros) рис 1. [1–6].

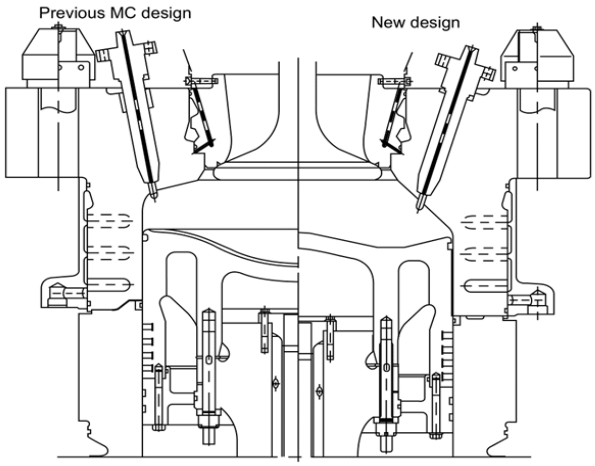


Рисунок 1 – Форма головки поршня (Oros) у порівнянні
з традиційною формою головки поршня

Результат збільшення відстані від паливних форсунок до поверхні поршня імітується методом обчислення динаміки рідини, а оптимальна форма головки поршня та циліндрової кришки визначаються з цих моделювань. Проведені випробування на декількох типів суднових двигунів підтвердили результати даного моделювання. Значне зниження температури було отримано після випробувань на двигунах серії MC фірми MAN B&W з різноманітними схемами впорскування палива [8]. Вимірювання температури головки поршня показані на рис. 2. Зменшення максимальної температури поршня склало приблизно 90 °С, цей результат досягнуто без погіршення температурного рівня на поверхні поршня або температури на випускному клапані [3–6].

Верхнє кільце з рельєфними канавками (Controlled Pressure Relief) CPR на даний час є стандартним для всіх двигунів типу MC. Воно і виявилося дуже ефективним у захисті поверхні циліндрів, а також нижніх поршневих кілець від надмірного теплового навантаження. Кільце CPR має подвійне з'єднання, а оптимальне падіння тиску на верхньому поршневому кільці забезпечується рельєфними канавками. Зі збільшенням

середнього зазначеного тиску зазор між циліндром та кільцем може призвести до збільшення теплового навантаження на циліндрову втулку; це навантаження значно зменшується за допомогою CPR кільця, оскільки газ не проходить через подвійне з'єднання [1–6].

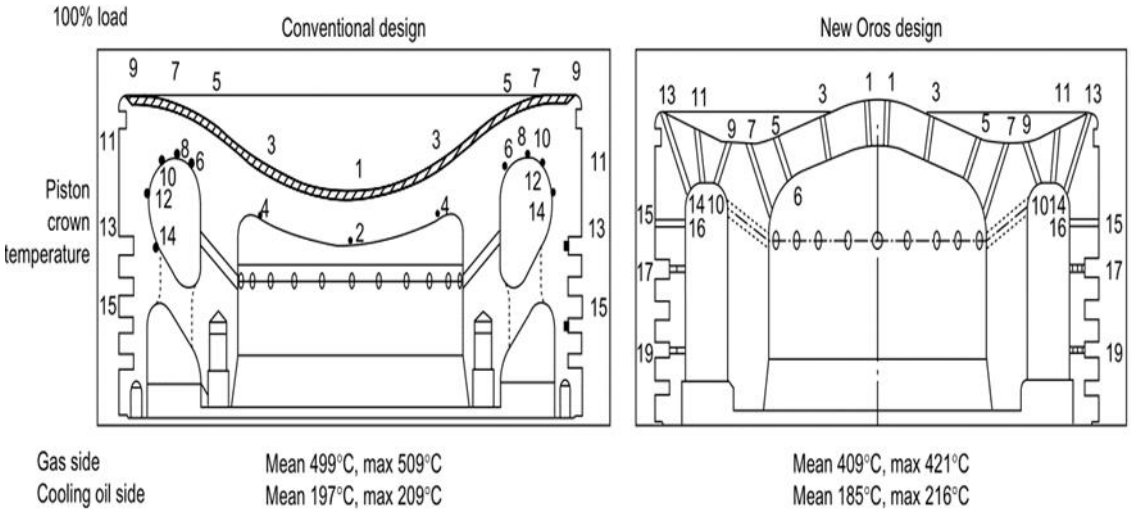


Рисунок 2 – Розподіл температури на поверхні традиційної головки та головки поршня типу Oros

Висновки. В роботі було розглянуто можливості підвищення надійності циліндропоршневої групи суднового двигуна та приведено, що основними напрямками для вирішення цієї проблеми є пошук шляхів для зниження термічних навантажень. Багато шляхів для підвищення існують в області нанесення покритів та спеціальної обробки поршнів. Наприклад фірма MAN M&W розробила та дослідила особливу форму головки поршня, яка підвищує експлуатаційний ресурс поршня у два рази, чим підвищується і його надійність. У роботі було приведено можливість застосування даної головки поршня на судновому двигуні фірми MAN B&W серії MC, для можливості підвищення його надійності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cylinder components. Properties, applications, materials. – Stuttgart: Vieweg+Teubner, MAHLE GmbH, 2010. – 130 p.

2. В.П. Савчук. Аналіз надійності циліндрових втулок двигунів фірми B&W серії S70MC та S80MC. Двигуни внутрішнього згоряння // Науково-технічний журнал. Харків: НТУ "ХПІ". – 2014. – №2. – 110 с.

3. Internal Combustion Engine. Basics, Components, Systems, and Perspectives. Handbook. T.1. / Edited by R. van Basshuysen, F. Schäfer. – [S. l]: SAE International, 2004. – 448 p.

4. В.А. Бармін., М.В. Романенка. Шляхи зниження тепло напруженості деталей циліндропоршневої групи двигуна // Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2010. – № 6/148. – С. 1–4.

5. Engine Management Concept Makes Significant Breakthrough / Diesel Facts. – 1/2011. – p.3.

6. Service Experience of MAN B&W Low Speed Diesel Engines. Two-stroke engines/MAN Diesel&Turbo, April, 2013.

ПРУЖНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬКОВОЇ ОБГІННО-ЗАПОБІЖНОЇ МУФТИ ПРИ СПРАЦЬОВУВАННІ ЗАПОБІЖНОЇ ЧАСТИНИ

Проценко В. О.[1], Малащенко В. О.[2], Sylwester KŁYSZ[3,4], Авраменко О. М.[2]
Херсонський національний технічний університет (Україна)[1],
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)[2],
University of Warmia and Mazury, Olsztyn[3],
Air Force Institute of Technology, Warszawa (Poland)[4]

Вступ. Обгрунтоване конструювання механічних приводів, зокрема з механізмами вільного ходу вимагає аналізу динаміки [1...3], що в свою чергу потребує знання характеристики муфти, як залежності її пружного моменту від кута закручування на різних стадіях спрацьовування [4]. Для кулькових обгінно-запобіжних муфт така характеристика на етапі спрацьовування не є очевидною, що стало мотивом виконання цієї роботи.

Виклад основного матеріалу. Теоретичні дослідження, виконані авторами, дозволили встановити [5], що спрацьовування муфти в запобіжному режимі відбувається у два етапи – початковий (кути закручування муфти $\varphi_i = 0 \ldots \varphi_b$) при якому пази зовнішньої півмуфти і внутрішньої півмуфти знаходяться в зачепленні з кульками, але кульки рухаються вздовж пазів, переміщуючи підпружинене кільце і стискаючи його пружину. Після цього починається завершальний етап (кути закручування муфти $\varphi_i = \varphi_b \ldots \varphi_{op}$), коли кожна кулька «перевалюється» через кромку паза зовнішньої півмуфти і виходить із зачеплення з ним, залишаючись у пазу внутрішньої півмуфти і розмикаючи кінематичний зв'язок між півмуфтами.

Отримані вирази для обчислення моментів муфти при кутах закручування на початковому та завершальному етапах. З метою ілюстрації отриманих результатів виконували розрахунки для муфти з наступними параметрами: діаметр розташування центрів кульок D = 60 мм, діаметр кульок d = 9,525 мм (від стандартного підшипника 303), кількість кульок z = 6, кут нахилу пазів до осі муфти α = 30º, частота обертання муфти n = 1500 об/хв, коефіцієнти тертя: f = 0,1, початкове зусилля тиску пружини F_{sp} = 50 Н, жорсткість пружини C_{sp} = 20 Н/мм. На рис. 1 показано побудовану за отриманими залежностями характеристику муфти, де видно перехід від початкового до завершального етапу її спрацьовування.

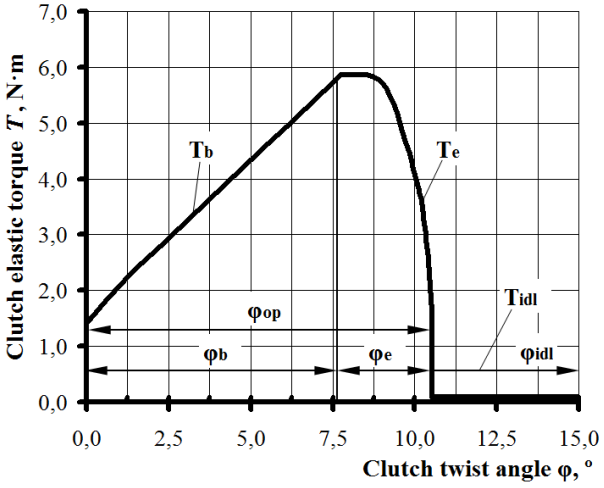


Рисунок. 1 – Пружна характеристика кулькової обгінно-запобіжної муфти (прямі пази, α = 30º)

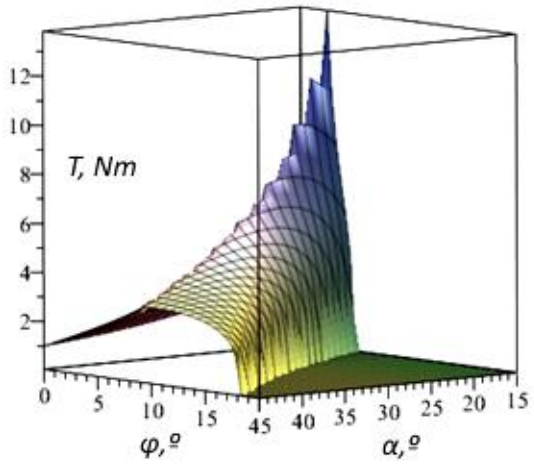


Рисунок. 2 – Вплив кута нахилу пазів до осі муфти на пружний момент муфти

Побудована на рис. 2 характеристика муфти з наведеними параметрами, ілюструє вплив кута нахилу α пазів до осі муфти на зміну характеру пружного моменту. Результати, отримані за допомогою цього моделювання, показують, що значення кута α нахилу пазів суттєво впливає на пружний момент. Малі та середні кути α = 15…25º забезпечують найвищу вантажопідйомність, але крутний момент кінцевої стадії T_e при цьому знижується. У режимі перевантаження це явище може призвести до збільшення відносної швидкості півмуфт в проміжку між зачепленнями кульок і пазів, що, в свою чергу, може стати джерелом інтенсивних коливань. Це підводить нас до висновку про доцільність використання муфт з великими значеннями α близько 40…45º для зниження динамічних навантажень, що, однак, потребуватиме застосування більш сильних пружин.

Висновки.

1. Розглянуті основні етапи спрацьовування кулькової обгінно-запобіжної муфти при роботі в режимі перевантаження. Отримані рівняння, що описують зміну пружного моменту муфти в залежності від кута закручування півмуфт. На основі отриманих рівнянь побудовано характеристику муфти.

2. Отримані результати дають можливість виконувати оцінку параметрів динамічних процесів, що відбуватимуться в приводах, оснащених такими муфтами при їх спрацьовуванні в режимі перевантаження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малащенко В. О. Динаміка механічних приводів з кульковими обгінними муфтами/ В. О. Малащенко, І. Г. Кириченко, В. О. Проценко, Б. Я. Лисяк // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – Харків: ХНАДУ. – 2023. – №. 101. Т2. – С. 168 – 173. https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2023.101.2.168.

2. Дубиняк С. А. Динамика приводов с кулачковыми предохранительными муфтами / С. А. Дубиняк, Б. М. Гевко, Н. Ф. Рачинец, С. Г. Нагорняк // Научные труды УСХА: Механизация с.-х. производства. – 1975. – Вып. 148. – С. 115–119.

3. Дубиняк Т. С. Обґрунтування конструкцій та параметрів захисних механізмів гнучких гвинтових конвеєрів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.05 «Піднімально-транспортні машини» / Т.С. Дубиняк. – Тернопіль, 2018. – 24 с.

4. Проценко В. О. Пружні муфти / В. О. Проценко, В. О. Малащенко. – Хмельницький: ПП Мельник А. А., 2024. – 230 с.

5. Protsenko V., Malashchenko V., Klysz S., Avramenko O. Safety-overrunning clutch elastic torque operation characteristic study. Diagnostyka. 2023; 24(4): 1–7. DOI: 10.29354/diag/175721.

НАДЛИШКОВІ ЗВ'ЯЗКИ В ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМАХ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИХ І ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Проценко В. О.[1], Рябініна О. М.[2]
Херсонський національний технічний університет (Україна)[1]
Херсонський політехнічний коледж національного університету «Одеська політехніка» (Україна)[2]

Вступ. На функціонування багатьох механізмів знайний вплив має розподіл навантаження між ланками. На цей фактор зокрема впливає наявність надлишкових зв'язків. Тому виявлення місця розташування та усунення цих зв'язків є важливим завданням для машинобудування [1–3].

Виклад основного матеріалу. Безвідмовність гальмівних механізмів вантажопідіймальних та транспортних машин напряму повязана з безпекою їх експлуатації. Так, для колодкових гальм, що широко застосовуються в вантажопідіймальних кранах, аналіз [4] дав можливість встановити наявність $q = 10$ надлишкових зв'язків, що призводять до нерівномірного розподілу навантаження між колодками, а відтак нерівномірного зношування гальмівних накладок.

Ааналіз гальмівних діаграм автомобілів показав, що на початку гальмування має може мати місце ненульове бічне сповільнення, яке в процесі загальмовування міняє напрямок своєї дії. Цей аналіз наштовхує на думку про наявність в цьому випадку впливу торцевого биття гальмівних дисків, прояв якого допускає наявність у механізмі гальм надлишкових зв'язків. Аналіз гальмівного механізму з рухомою скобою показав, що його можна розглядати як п'ятиланковий з кінематичними парами п'ятого, четвертого та третього класу. В описаному механізмі було виявлено понад 10 надлишкових зв'язків, які, зокрема, позбавляють гальмівні колодки можливості самовстановлюватися по дисках в умовах наявності відхилень від форми та розташування останніх. Усунення виявлених надлишкових зв'язків потребує на першому етапі пошуку місця їх розташування із застосуванням поконтурного методу [5] із наступною зміною будови механізму чи за рахунок підвищення класу кінематичних пар.

Висновок. Удосконалення параметрів гальмівних механізмів вантажопідіймальних та транспортних машин слід шукати, крім іншого, у ліквідації надлишкових зв'язків з метою забезпечення рівномірності навантаження між їх елементами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Protsenko V., Babiy M., Nastasenko V., Protasov R. Marine diesel high pressure fuel pump driving failure analysis. Journal of Mechanical Engineering – Strojnícky časopis. 2021; Vol. 71, №2: 213-220. DOI: 10.2478/scjme-2021-0031.

2. Проценко В. О. Підвищення структурної досконалості тангенсного механізму суднових рульових машин плунжерного типу / В. О. Проценко, Д. О. Маринченко // Підйомно-транспортна техніка. Науково-технічний та виробничий журнал. – Одеса: ІНТЕРПРІНТ. – 2022. - №1 – С. 88–96. https://doi.org/10.15276/pidtt.1.67.2022.08.

3. Protsenko V., Nastasenko V., Babiy M., Protasov R. Marine ram-type steering gears maintainability increasing. Journal of Mechanical Engineering – Strojnícky časopis. 2022; Vol. 72, №2: 149-160. https://doi.org/10.2478/scjme-2022-0025.

4. Самойленко Л. К. Про структуру механізму колодкового гальма і підвищення його надійності / Л. К. Самойленко, В. О. Проценко // Науковий вісник Херсонського державного морського інституту. – Херсон: ХДМІ. – 2010. – № 2(3) – С. 211–216.

5. Решетов Л. Н. Самоустанавливающиеся механизмы / Л.Н. Решетов. – М.: Машиностроение, 1991. – 288 с.

ОЦІНКА ШКОДИ, ЗАВДАНОЇ ЗЕМЕЛЬНИМ РЕСУРСАМ ВОДНОГО ТА ПРИРОДООХОРОННОГО ФОНДІВ УКРАЇНИ В ХОДІ РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Сорочук Н. І., Сорочук Ю. О.
Український державний університет залізничного транспорту
(м. Харків, Україна)

Шкода водному середовищу, в тому числі морському, не обмежується псуванням води як ресурсу, а має значно більше вимірів та наслідків. Наслідками такої шкоди можуть стати: висихання річки, втрата екосистемних послуг, які виконувала річка або море для місцевих громад, загибель усієї водної екосистеми. Забруднення вбиває більшу частину живих мешканців водної екосистеми. Водорості та інші рослини, дрібні та великі тварини, тисячі різновидів мікроорганізмів поєднані харчовими ланцюгами. У харчових ланцюгах протікають важливі процеси: насичення води киснем, розкладання мертвих решток, знешкодження забруднень, якщо ті потрапляють у воду у несмертельних для водних організмів дозах, формування нової біопродукції. Ревіталізація водних екосистем та їхнє повернення до здорового функціонального стану забирає не просто роки, але й величезну масу матеріальних та фінансових ресурсів. Відсутність навіть однієї ланки у харчових ланцюгах може стати перешкодою на шляху до повного відновлення [1].

З економічної точки зору вигідніше не допускати до руйнування водної екосистеми або будь-якого її значного порушення, а ніж боротися з цим.

Достовірна оцінка наслідків завданої шкоди водним екосистемам – це поки що непосильна задача. Тому при оцінці шкоди водному середовищу у державному управлінні увагу зміщено від наслідків завданої шкоди до її рушійних сил.

Шкода, що заподіяна збройною агресією, за яку передбачено відповідальність [2]:

– забруднення річки, водойми або моря шляхом скидання забруднених стічних (зворотних) вод;

– забруднення вод продукцією, сировиною, вантажем, що перевозиться (наприклад, з судна, танкера, контейнерів, порту, у тому числі в результаті обстрілів);

– засмічення річки, водойми або моря відходами, сміттям, іншими твердими сторонніми предметами;

– самовільне користування водними ресурсами (наприклад, перекачування води з Каховського водосховища Північнокримським каналом у Крим);

– забруднення підземних вод стоками від полігонів (звалищ) побутових та промислових відходів (наприклад, у разі руйнування полігону або порушення режиму його експлуатації) або інше забруднення підземних вод.

У законодавстві види шкоди водним ресурсам у мирний час значною мірою відрізняються від шкоди внаслідок збройної агресії.

Події, потенційно небезпечні для земельних ресурсів водного фонду [3]:

1) обстріли та руйнування виробничих об’єктів, на яких здійснюється управління: комунальними стічними водами; побутовими і промисловими відходами, відходами тваринництва; шахтними і кар’єрними водами, ставками-накопичувачами цих вод; промисловими шламонакопичувачами і хвостосховищами; хімічною продукцією, добривами та іншими агрохімікатами;

2) пошкодження, руйнування суден та їхнього вантажу;

3) пошкодження, руйнування наземного транспорту зі значним вантажем хімічної продукції.

Шляхи виявлення екологічної шкоди:

– прямий огляд водного об’єкта, його прибережної захисної смуги (25-100 м від води), місця події, відбирання та дослідження проб води і донних відкладів;

– дані космічної та аерофозйомки;

– аналіз оперативних повідомлень фізичних та юридичних осіб;

– ретроспективний порівняльний аналіз цифрових картографічних матеріалів на постраждалі території (об’єкти) до та після пошкоджень;

– аналіз актів обстежень, іншої задокументованої інформації, отриманої в ході розслідувань або досліджень, від свідків чи потерпілих;

– аналіз офіційних документів щодо руйнувань та збитків.

Фактори, від яких залежить тяжкість наслідків і розмір шкоди для водного середовища [2, 3]:

– небезпечність забруднюючих речовин;

– у якому вигляді скинуто забруднення у воду: у чистому (нерозведеному) чи у розведеному (у стічних водах);

– маса забруднення, площа забрудненої або засміченої акваторії;

– категорія водного об’єкта, його використання, а також умовна цінність;

– розташування водного об’єкта: адміністративна область, у населеному пункті чи за межами, ділянка моря;

– вразливість водної екосистеми.

Чим небезпечніша забруднююча речовина, тим меншим є її гранично допустимий вміст у воді. Законодавством встановлено Нормативи якості води водних об’єктів (наказ Міністерства охорони здоров’я від 02 травня 2022 року № 721, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 16 травня 2022 р. за № 524/37860).

Внаслідок російської збройної агресії природно-заповідному фонду можлива така шкода [4]:

– пошкодження дерев, кущів, ліан, саджанців, молодої поросли;

– знищення / загибель тварин, пошкодження або знищення їхніх жител, колоній чи інших місць перебування і розмноження (у цьому випадку необхідно правильно ідентифікувати вид тварин);

– пошкодження об’єктів неживої природи на цих територіях;

– проїзд важкої транспортної техніки;

– знищення трав’янистих рослин, лісової підстилки, другорядних лісових ресурсів;

– інші пошкодження і порушення природних комплексів на цих територіях;

– додатково, оцінюється шкода земельним та водним ресурсам на території природно-заповідному фонду.

Водний та природно-заповідний фонди України зазнають кількох різних форм шкоди внаслідок російської збройної агресії. Види цієї шкоди мають бути адекватно, вчасно і в достатній мірі оцінені, для висунення претензій про відшкодування країною-агресором та оцінки витрат на відновлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. https://courses.prometheus.org.ua/courses/course-v1:ANTS+EDA101+2023 T1/ course/.

2. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження Методики визначення збитків, заподіяних навколишньому природному середовищу в межах територіального моря, виключної морської (економічної) зони та внутрішніх морських вод України в Азовському та Чорному морях» від 19.08.2022 р. № 309. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1253-22#Text.

3. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження Методики визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами» 21.07.2022 р. № 252. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text.

4. Методика визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об’єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації, затверджена наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 13.10.2022 № 424, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 16.11.2022 за № 1416/38752.

УДК 621.438.082

ТЕРМОДИНАМІЧНА ОЦІНКА РЕЗЕРВІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ КОРАБЕЛЬНИХ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

Черемісін В. І., Ігнатенко О. А., Канаш О. Д.
Інститут Військово-Морських Сил
Національного університету «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. Головними недоліками простих газотурбінних установок відкритого типу є низький ефективний коефіцієнт корисної дії та обмеження температури газів, які подаються на лопатки турбіни. Це обумовлює низьке значення термічного і ефективного коефіцієнтів корисної дії теплових двигунів [1, 2]. Враховуючи суттєві переваги газотурбінних установок над двигунами внутрішнього згоряння, простота отримання обертальної форми механічної роботи, можливість отримання великих потужностей при малих питомих масогабаритних показниках, мобільність при пуску газотурбінних установок та їх придатність виступати в якості утилізаційного елемента ДВЗ, вони мають велике майбутнє.

Постановка задачі. Метою роботи є розгляд удосконалень термодинамічного циклу ГТУ, а саме:

попереднє охолодження повітря за допомогою утилізаційної холодильної установки перед його стисненням в компресорі, що зменшує роботу стиснення, а значить підвищує питому потужність ГТУ;

розширення газів в турбіні до тиску нижче атмосферного з їх охолодженням перед їх стисненням для викидання в оточуюче середовище, це збільшує роботу розширення газів в турбіні, а значить підвищує питому потужність установки.

Пропонується новий термодинамічний цикл відкритої газотурбінної установки - цикл з розширенням газів в турбіні до тиску нижче атмосферного.

Результати досліджень. З аналізу отриманих даних в ході розрахунку циклів з розширенням газів в турбіні до тиску нижче атмосферного, можна підсумувати наступне:

зниження кінцевого тиску розширення газів в турбіні до 0,05 МПа призводить до суттєвого підвищення корисної питомої роботи приблизно на 20% і термічного коефіцієнт корисної дії модифікованої установки на 24% в порівнянні з базовим циклом, в якому гази розширяються до атмосферного тиску:

при зменшені кінцевого тиску помітно знижується температура газів після розширення їх в турбіні і відповідно після охолодження їх в ресивері-охолоджувачі;

при значеннях кінцевого тиску розширення газів в турбіні 0,05 МПа і вище для їх охолодження можна використовувати утилізаційну абсорбційну водоаміачну холодильну установку, генератор пари якої нагрівається відпрацювавшими газами турбіни;

при значеннях кінцевого тиску розширення газів менше 0,05 МПа необхідно використовувати холодильну установку каскадного типу, нижній ступінь якої потребує затрати зовнішньої додаткової роботи, що уповільнить зростання роботи і термічного коефіцієнту корисної дії модифікованих таким чином газотурбінних установок.

Висновок. При великих масштабах використання і потужностях сучасних газотурбінних установок відкритого типу, впровадження пропонуємого удосконалення дозволить не тільки економити багато палива при їх експлуатації, але й покращити їх масогабаритні показники. Кількість заощаджених при цьому коштів швидко окупить додаткові капітальні витрати, пов’язані з виробництвом більш складних за устроєм модифікованих пропонуємим чином газотурбінних установок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марченко А. П. Термодинамічна оцінка резервів підвищення ККД двигунів внутрішнього згорання // Двигуни внутрішнього згорання. – 2004. – Вид. 2. С. 48–54.

2. Вассерман А. А., Слынько А. Г. (2018). Повышение эффективности и мощности двигателей внутреннего сгорания. 1. Цикл ДВС с выпуском отработавших газов в атмосферу // Технические газы. – 2018. –Т. 18. – № 3. – С. 34–37.

БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ПІДІГРІВУ НАФТОВАНТАЖІВ НА НАЛИВНИХ СУДНАХ

Щедролосєв О. В., Коновалова Г. В.
Херсонський навчально-науковий інститут
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)

Вступ. Одне з найголовніших завдань для танкерів, які транспортують нафтопродукти, полягає в забезпеченні експлуатаційної безпеки під час виконання найбільш ризикованої технологічної операції – вивантаження нафтопродуктів. Під час цієї операції, звільнений об'єм вантажних танків заповнюється атмосферним повітрям. Зниження тиску в танку та збільшення площі призводять до зростання випаровування легких фракцій вуглеводнів нафтопродуктів, що може призвести до утворення небезпечних вибухових концентрацій газової суміші в танку.

Актуальність досліджень. Найбільшою гарантією забезпечення вибухобезпечної експлуатації танкера в цих умовах є створення та постійне підтримання в вантажних танках атмосфери, що не підлягає займанню. Для досягнення цієї мети реалізуються два основні напрямки щодо запобігання зазначеним небезпекам – обладнання газовідвідної системи та системи інертних газів.

З опублікованих матеріалів по раніше розробленій та найбільш вивченій трубчастій (змійовиковій) системі підігріву вантажів відомі й інші причини виникнення вибухонебезпечних ситуацій до та під час вивантаження вантажів [13]:

– у зв'язку з можливістю пожежонебезпечного оголення змійовиків, у разі зниження рівня вантажу, диференту та крену танкера систему підігріву вантажу завчасно відключають;

– ефективність підігріву вантажу під час вивантаження знижується через ослаблення конвекції при зменшенні шару вантажу;

– темп охолодження вантажу до кінця вивантаження зростає зі зменшенням маси вантажу;

– для забезпечення сприятливих умов вивантаження на завершальному етапі заздалегідь створюється досить високий запас теплоти;

– створення запасу теплоти на охолодження вантажу до завершення вивантаження пов'язане з перегрівом його, зростанням випарів і створенням небезпечної ситуації.

У зв'язку з відсутністю відомостей про пожежонебезпеку нової та дедалі ширше застосовуваної циркуляційної системи підігріву вантажів на танкерах під час вивантаження, представляє науковий та практичний інтерес теоретичне дослідження цього питання.

Викладення основного матеріалу. Метою роботи є обґрунтування умов експлуатаційної безпеки циркуляційної системи підігріву вантажу під час вивантаження нафтопродуктів з танків наливних суден. Робота досліджуваного циркуляційного способу підігріву вантажу, на відміну від трубчастого (змійовикового), може тривати до завершення вивантаження, оскільки для її здійснення відбирається частина подачі вантажного насоса. Теплообмінник винесено з порожнини танка та розташовано на верхній палубі. Управління системою здійснюється автоматикою.

$$\kappa = \kappa_0 \frac{V_{ц.н}\rho_{вн}}{Gвн - B\tau}. \quad (1)$$

де κ_0 – кратність циркуляції до початку вивантаження;

$V_{ц.н}$ – об’ємна подача циркуляційного насоса, м^3/с;

$\rho_{вн}$ – густина вантажу, кг/м^3;

$G_{вн}$ – маса вантажу, кг;

B – продуктивність вивантаження, кг/год;

τ – змінний час вивантаження, год.

Умови підігріву до кінця вивантаження змінюються у зв'язку з кратністю циркуляції підігрітого вантажу, яка пропорційно зростає до відносно його нижчого рівня.

Зростання кратності циркуляції до кінця вивантаження істотно змінює процес підігріву залишків вантажу. Його підігріта частина, що вливається через сопла, розігріває і змиває залишки до приймача вантажного насоса.

Інтенсивність теплообміну характеризується переходом від вільної конвекції до вимушеного руху (механічного перемішування) теплоносія зі спадаючою масою вантажу.

На цій підставі можна стверджувати, що темп охолодження вантажу m, ^{0}С/с, до кінця зливу не зазнає змін, тобто:

$$m = dt/d\tau = const, \tag{2}$$

де dt – зміна температури вантажу за час $d\tau$ у процесі розвантаження.

Для визначення необхідної температури вантажу перед початком вивантаження, у процесі якого забезпечується необхідна температура на початок зачистки, розглянуто процес одночасного підігріву й охолодження за умови кількості вантажу під час вивантаження. Тоді з огляду на рівняння (1–2) процес підігріву – вивантаження вантажу від початку вивантаження до початку зачистки можна описати наступним диференціальним рівнянням

$$Q_0 d\tau = (G_0 + G_з - B_\tau 10^{-3})(dt + md\tau)c_{вн}, \tag{3}$$

де $Q_0 = V_{ц.н}\rho_{вн}c_{вн}(t_{вих} - t_{доп})$ – кількість теплоти, що йде від підігрівача вантажу на компенсацію тепловтрат, кВт;

$c_{вн}$ – питома теплоємність вантажу, Дж/(кг·К);

$t_{вих}$ – температура на виході з теплообмінника, ^{0}С;

$t_{доп}$ – допустима температура охолодження вантажу, ^{0}С, $t_{доп} = t_{поч} = t_{вн} = t_{заст} + 10^0 C$ [4];

G_0 – кількість вантажу, що вивантажується до початку зачищення, тис. т;

$G_з$ – кількість вантажу, що підлягає зачистці, тис. т;

$B_\tau \cdot 10^{-3}$ – визначає зменшення кількості вантажу на початку процесу вивантаження, тис. т, вивантаження, т/год;

τ – змінний час вивантаження, год;

$md\tau$ – характеризує компенсацію тепловтрат, де

$m = dt / d\tau$ – темп. охолодження вантажу, ^{0}С/год.

Таким чином, на кожен кілограм вантажу витрачається теплоти cdt – на підігрів і $cmdt$ – на компенсацію тепловтрат.

Розділивши змінні в рівнянні (3) з урахуванням (2), після деяких перетворень отримуємо

$$dt = \left(\frac{Q_0}{\left(G_0 + G_з - B\tau 10^{-3}\right)c_{вн}10^6} - m \right) d\tau. \tag{4}$$

Інтегрування рівняння (4) проведено в інтервалі температур від іскомої попереднього підігріву $t_{п.п}$ до заданої за умовами можливості перетікання вантажу $t_{доп}$.

Інтервали часу прийнято від нуля до τ_0 – часу вивантаження основної кількості вантажу. У результаті інтегрування рівняння (4) у зазначених межах отримуємо

$$t_{доп} - t_{п.п} = \frac{Q_0}{Bc_{вн}10^3} \ln\left(1 + \frac{G_0}{G_з}\right) - m\tau_0, \text{ або}$$

$$t_{п.п} = t_{доп} - \frac{Q_0}{Bc_{вн}10^3} \ln\left(1 + \frac{G_0}{G_з}\right) + m\tau_0. \tag{5}$$

Виходячи з умов забезпечення підтікання вантажу до приймачів вантажних насосів і відповідного зниження подачі вантажних насосів залежно від відносної величини залишків вантажу на зачищення [2], за допомогою математичної моделі розглянуто вплив процесів підігріву – охолодження в динаміці вивантаження на величину необхідної температури попереднього підігріву $t_{п.п}$ до початку вивантаження.

Визначення необхідної температури попереднього підігріву вантажу $t_{п.п}$ у процесі підігріву – охолодження і вивантаження вантажу проведено з використанням теплових і вантажних характеристик стосовно серії танкерів проектів 15966 – 15968 [4].

В основу залежності зниження подачі покладено спостережуване утворення воронки і прососу повітря через всмоктувальний приймач вантажного насоса за умови зменшення висоти вантажу в танку менше ніж на 2…3 м [2].

З огляду на те, що розглянутий процес вивантаження основної частини вантажу відбувається безперервно, прийнято пропорційну залежність зниження подачі $k_{з.п}$ вантажних насосів за умови $h_з \le 3$; у вигляді: $k_{з.п} = h_з/3$, де $h_з$ – висота залишку вантажу, що змінюється, на зачистку, м.

Результати розрахунку температури попереднього циркуляційного підігріву, або розігріву в процесі вивантаження основної маси вантажу, для забезпечення нормального зачищення, наведено в таблиці за деякими характерними положеннями рівня початку зачищення.

Висновки. На підставі виконаного дослідження можна зробити такі практичні висновки:

1. Температура попереднього підігріву $t_{п.п}$ перед початком вивантаження повинна відповідати $t_{доп}$.

2. Створювати запас теплоти розігрівом вантажу до початку вивантаження вище $t_{доп}$ недоцільно.

3. У процесі вивантаження основної маси вантажу найбільш енергоефективним є підігрів на рівні компенсації тепловтрат, що забезпечує необхідну температуру на початок зачистки.

4. Циркуляційний підігрів вантажу до кінця вивантаження необхідний у сучасних корпусах танкерів з подвійними бортами і дном, не стільки для підтримання нормальної продуктивності вантажних насосів, скільки для розігріву та змиву придонних і прибортових шарів нафтопродуктів, які застигають, у результаті чого можуть бути значно скорочені «мертві залишки».

5. Умови пожежонебезпеки теплообмінників циркуляційної системи підігріву вантажів значно відрізняються від умов трубчастої системи підігріву, тому що їх винесено на верхню палубу, і вони легко управляються системою автоматики.

6. Експлуатаційна безпека циркуляційної системи підігріву нафтовантажів значно вища та надійніша, ніж у трубчастої (змійовикової) системи підігріву.

7. Результати проведеного дослідження розкривають широкі можливості для подальших розробок з проблеми підвищення безпеки експлуатації спеціальних систем для танкерів при транспортуванні нафтопродуктів.

Таблиця – Результати розрахунку температури попереднього циркуляційного підігріву в процесі вивантаження основної маси вантажу

Найменування, одиниця виміру	***Позначення***	***Чисельні значення, залежно від частки вантажу, що залишається на зачистку, %***					***Підстава, формула, джерело***
		до 20	***від 20 до 15***	***від 15 до 10***	***від 10 до 5***	***від 5 до 3***	
Частка основної частини вантажу, що вивантажується	$\frac{G_0}{G_{вн}}$	0,8	0,85	0,90	0,95	0,97	по [2]

Продовження таблиці

Кількість теплоти, що витрачається на компенсацію тепловтрат основної частини вантажу, кВт	Q_0	463	492	521	550	562	$Q \cdot G_0/G_{вн}$
Вагова подача вантажних насосів, тис. т/год	B	4,242	4,242	4,242	4,242	4,242	по [4]
Питома теплоємність вантажу, кДж/(кг·К)	$c_{вн}$	1,791	1,791	1,791	1,791	1,791	по [4]
$Q_0/B \cdot c_{вн}$		0,218	0,232	0,246	0,259	0,265	розрахунок
$ln(1+G_0/G_з)$		1,609	1,897	2,303	2,996	3,506	розрахунок
Коефіцієнт зниження подачі вантажних насосів	$k_{з.п}$	1,00	0,85	0,65	0,33	0,15	$h_з/3$
Час зливу основної частини вантажу, год	t_0	5,281	5,611	6,119	7,062	7,942	$G_0/(B \cdot k_{з.п})$
$\frac{Q_0}{Bc_{вн}} \ln\left(1+\frac{G_0}{G_з}\right)$		0,351	0,440	0,566	0,774	0,929	розрахунок
Темп охолодження, К/год	m	0,09	0.09	0,09	0,09	0,09	по [2]
$m \cdot \tau_0$, ^0C		0,475	0,505	0,55	0,63	0,715	розрахунок
$t_{доп}$-$t_{п.п}$, ^0C		-0,124	-0,065	+0,015	+0,138	+0,214	розрахунок

ЛІТЕРАТУРА

1. Feck A. W., Sommerhalder J. O. Cargo pumping in modern tankers and bulk carriers // Mar. Technol. 1967. 4. − P. 232−257.

2. Gunner T. J., 2002. Physical behavior of crude oil during transportation and its impact on the carriage of crude oil by sea // Mar. Technol. 2002. 39 (4). − P. 256−265.

3. Gojko Magazinovic. Vertical arrangement of coils for efficient cargo tank heating // International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. 2019. Т. 11. Вип. 2. − Р.−662-670. https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2019.02.004.

4. Щедролосев А. В. Оптимизация параметров циркуляции в системах циркуляционного подогрева грузов на наливных судах // Зб. наук. праць УДМТУ. 2002. № 6. − С. 58−66.

СЕКЦІЯ:

КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

SECTION:

COMPETENCE-BASED APPROACH IN TRAINING TRANSPORT INDUSTRY PROFESSIONALS

UDC 004.378

INTEGRATION OF OLP OTG AND LABSTER PLATFORMS INTO LMS MOODLE: IMPACT ON EDUCATIONAL QUALITY AND STUDENT PROFESSIONAL SKILLS

Nosov P., Dyagileva O., Yurzhenko A., Kulinich S., Bosiuk T.
Kherson State Maritime Academy

Introduction. The educational sector is undergoing significant transformations, driven by rapid technological advancements and changes in the global educational landscape. Current conditions, including the state of war and the COVID-19 pandemic [1], require adaptability and flexibility in teaching methods, leading to the necessity of implementing innovative educational platforms. Lms Moodle, widely used in many educational institutions, has proven effective over the last decade, but today's challenges demand even greater integration with modern technologies to ensure high-quality education.

To enhance interactivity and increase the functionality of the educational process, Lms Moodle integrates with advanced platforms such as OLP OTG and Labster. OLP OTG specializes in training for maritime and inland water transport [2−4], offering courses designed according to international standards such as IMO and IHO, ensuring the relevance and professionalism of educational materials. On the other hand, Labster revolutionizes natural science education through virtual laboratories that allow students to immerse deeper into scientific disciplines via interactive simulations.

This integration meets the contemporary demands of the educational process, where accessibility, clarity, and interaction are key, facilitating not only better material assimilation but also enhancing student motivation and engagement. Implementing these platforms into Lms Moodle creates a single flexible and adaptive educational environment capable of effectively responding to rapid changes in educational needs and challenges [5, 6].

Methodology. This study aims to determine the effectiveness of integrating OLP OTG and Labster platforms into the Lms Moodle KSMA system, focusing on changes in student educational outcomes and the overall efficiency of the educational process. The research methodology is based on a mixed approach, incorporating several key data collection and analysis methods:

Observation: Monitoring the use of platforms in real educational settings allows for evaluating changes in student behavior and interaction with educational materials. Observations are conducted during the execution of educational tasks, particularly during work in Labster's virtual laboratories and while using courses on OLP OTG.

Surveys: Surveying students and teachers helps gather self-assessments of the educational process's effectiveness and satisfaction with the new platforms. Surveys include questions about the perception of material interactivity, ease of use of the platforms, and impact on learning motivation.

Analysis of student educational outcomes: Collecting quantitative data on grades, successful completion of educational tasks, and participation in virtual laboratories. Data from before and after the platforms' implementation are used to assess changes in academic results.

Statistical data analysis: Using statistical software (e.g., SPSS or R) to analyze the collected data to identify statistically significant changes in student performance. The analysis may include t-tests for dependent samples, correlation analysis, and regression analysis to assess the impact of platform use on educational outcomes.

Case studies: Analyzing specific examples of platform use, describing successful cases or particular challenges faced by students and teachers. This allows for a detailed analysis of individual integration cases and their impact on the educational process.

This approach enables a comprehensive assessment of the effect of implementing OLP OTG and Labster platforms and provides a scientific basis for conclusions about their effectiveness in the educational environment.

Main Part.

Overview of the OLP OTG platform:

Specifics and purpose of the platform: The Ocean Learning Platform (OLP) OTG is specifically designed for training maritime personnel. The platform offers courses covering a broad spectrum of maritime disciplines, from navigation to engineering sciences, considering the specifics and demands of modern seafaring.

Impact on the quality of maritime education and compliance with international standards: The use of OLP OTG ensures high-quality education that meets international standards such as IMO (International Maritime Organization) and IHO (International Hydrographic Organization). This provides academy graduates with competitive advantages and higher employability on a global scale.

Overview of the Labster platform:

Description of interactive virtual laboratories: Labster provides access to virtual laboratories that allow students to perform complex scientific experiments in a safe and controlled environment. These laboratories use advanced graphical technologies and simulation algorithms to model real scientific processes.

Effectiveness in teaching physical disciplines through simulations: Labster's simulations significantly improve the assimilation of complex scientific concepts, allowing students to better understand theoretical material through practical experience. This enhances motivation and activity in learning, evidenced by positive changes in academic results.

Integration and synergy with Lms Moodle:

Technical aspects and organizational challenges: Integrating additional platforms into Lms Moodle requires developing technical solutions to ensure compatibility and stability of operation. One of the key tasks is ensuring continuous access for students to courses on both platforms through a single interface.

Increasing student activity and interest: Integrating state-of-the-art platforms such as OLP OTG and Labster with Lms Moodle promotes student engagement, enhances their interaction with educational materials, and improves the overall quality of education, facilitating deeper knowledge assimilation.

Conclusions. The results of the study clearly show that the integration of OLP OTG and Labster platforms into the Lms Moodle educational environment has a significant impact on the learning process:

Enriching educational content: The introduction of OLP OTG and Labster significantly expands the capabilities of the traditional Moodle educational environment, adding depth and practical application to theoretical knowledge. This provides students with access to specialized and high-quality resources necessary for their professional training.

Improving understanding of subjects: The interactivity and realism of Labster's virtual laboratories, as well as the purposefulness of OLP OTG's training courses, allow students to better assimilate complex scientific and technical concepts, fostering a deeper understanding of the subjects.

Enhancing professional skills: Practical experience gained through simulations and specialized training improves student skills, making them more competent and prepared to address real-world challenges in their professional activities.

Increasing students' competitiveness in the job market: Students who use these platforms gain an advantage due to an enhanced level of understanding of subjects and deeper professional skills, providing them with higher competitiveness compared to their peers who study using traditional methods.

This research confirms that integrating innovative educational platforms into traditional educational systems can significantly improve the quality of higher education, making the learning process more effective, interactive, and relevant to the needs of the modern job market.

REFERENCES

1. Ihor Popovych, Ihor Halian, Olena halian, Pavlo Nosov, Serhii Zinchenko, Vitalii Panok. Research on personality determinants of athletes' mental exhaustion during the ongoing COVID-19 pandemic. Journal of Physical Education and Sport, 2021, 21(4), p. 1769–1780. https://doi.org/10.7752/JPES.2021.04224.

2. Solovey, O., Ben, A., Dudchenko, S., Nosov, P. (2020). Development of control model for loading operations on Heavy Lift vessels based on inverse algorithm. Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 5/2 (107), 48–56. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214856.

3. Zinchenko S. M., Nosov P. S., Popovych I. S. Control redundancy as a quantitative measure of maneuverability // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 3(21). С. 23–35.

4. Zinchenko S. M., Ben A. P., Nosov P. S., Mamenko P. P., Mateichuk V. M. Improving the Accuracy and Reliability of Automatic Vessel Motion Control Systems // Materials of the XII International Scientific and Practical Conference "Advanced Information and Innovative Technologies for Transport (MINTT - 2020), May 27-29, 2020, Kherson p. 54-58.

5. Носов П.С., Тонконогий В. М., Яковенко О. Є. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента // Тр. Одес. политехн. ун–та. Одесса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006.— С. 118–122.

6. Nosov, P. S., Popovych, I. S., Cherniavskyi, V. V., Zinchenko, S. M., Prokopchuk, Y. A., & Makarchuk, D. V. (2020). AUTOMATED IDENTIFICATION OF AN OPERATOR ANTICIPATION ON MARINE TRANSPORT. Radio Electronics, Computer Science, Control, (3), 158–172. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-15.

7. Vigneshwaran, & Sreerambabu, & Kalidasan, & Riyaz, Mohammed. (2023). Cloud-based on OTG Lab. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 11. 589-593. https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.55019.

8. Mosqueda, Clint Erven. (2023). Effect of utilizing interactive virtual lab on students performance in physics. International Journal of Advanced Research. 11. 1718–1741. https://doi.org/10.21474/IJAR01/17041.

9. Gardner, Aaron & Duprez, Wilko & Stauffer, Sarah & Ungu, Dewi & Clauson-Kaas, Frederik. (2019). Labster Virtual Lab Experiments: Basic Biochemistry. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58499-6.

10. Bezlutska O., Leshchenko A., Yurzhenko A., Paziak A. Informational Visualization on E-Courses of Higher Maritime Educational Institutions. Information Technology and Interactions (Satellite): Conference Proceedings, December 04, 2020, Kyiv, Ukraine / Taras Shevchenko National University of Kyiv and [etc]; Vitaliy Snytyuk (Editor). Kyiv: Stylos, 2020. P.247-250.

11. Дягилева О. С., Юрженко А. Ю. Система формування англомовної компетентності майбутніх фахівців морської справи на базі LMS MOODLE Створення інформаційно-освітнього середовища сучасного закладу освіти України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, Суми: НВВ КЗ СОІППО, 2019. – С.31–33.

UDC 004.378

AUTOMATING EDUCATIONAL PROCESSES AT KHERSON STATE MARITIME ACADEMY: CHALLENGES, IMPLEMENTATION, AND FUTURE PROSPECTS

Nosov P., Nahrybelnyi Y., Babiy M., Kuhtina V., Tenditna A.
Kherson State Marit ime Academy

Introduction

Overview of global trends in digital transformation in education:

Global Perspective: At the dawn of the 21st century, global education began undergoing significant changes, particularly through the adoption of digital technologies. The deployment of the Internet of Things, artificial intelligence, machine learning, and cloud computing has transformed methods of teaching and managing educational data. There is a particular emphasis on increasing the accessibility of education through Massive Open Online Courses (MOOCs) and e-learning platforms, which offer flexible opportunities for distance learning.

Efficiency and Challenges: Digital transformation enhances the quality of education by providing broader access to resources and personalized learning. However, it also presents challenges, including issues related to data security, privacy, and the need to improve digital literacy among teachers and students.

Specific challenges for Kherson State Maritime Academy:

Urgent Need for Adaptation: Kherson State Maritime Academy faced an urgent need to adapt its educational and administrative processes in response to military actions and the COVID-19 pandemic [1]. These events led to a rapid transition to distance learning, requiring immediate changes in teaching methods and management.

Crisis Response: The academy's response included developing rapid solutions to ensure the continuity of education, necessitating the integration of new technologies and teaching methods, including electronic document management and ensuring access to educational resources online.

Initial response strategies and the need for robust, scalable digital infrastructures:

Strategic Initiatives: The response to the crisis included strategic planning and the deployment of digital tools such as Google Workspace to support distance learning and administration. An infrastructure was developed to ensure the stability and security of educational processes.

Scalability and Continuity: During the deployment of new systems, attention was paid to their scalability to adapt to changing user volumes and needs. The systems were designed to ensure the reliability of the educational process under any conditions.

Methodology

Overview of academic and technical literature on digital transformation in higher education:

Purpose of the Review: To identify and analyze existing research and publications that highlight various aspects of digital transformation in education, including technology implementation, challenges, outcomes, and best practices.

Methodology: A systematic review of the literature, including scholarly articles, books, industry reports, and academic discussions covering topics such as knowledge management, digital learning platforms, and measures to ensure data security and privacy.

Case study method with a focus on the approaches of Kherson State Maritime Academy:

Object of Study: Kherson State Maritime Academy as an example of an institution actively integrating digital technologies in response to contemporary challenges.

Procedure: Detailed case analysis based on project documentation, internal academy reports, and an assessment of implemented changes. This method allows for a deeper

understanding of the context, processes, and challenges, as well as evaluating the effectiveness and impact of digital transformation.

Data collection through interviews with key stakeholders (deans, department heads, IT staff) and analysis of implementation results:

Data Collection Method: Conducting semi-structured interviews with key stakeholders to collect primary data on the experience of implementing and using digital systems.

Analytical Approach: Coding and analysis of responses to identify common themes, issues, and successes associated with digital transformation at the academy. Where possible, quantitative data analysis is used to assess changes in productivity, process efficiency, and user satisfaction.

Main Part

Challenges leading to automation:

Impact of war and pandemic on traditional processes:

War and the pandemic introduced sudden changes to the regular rhythm of academic life, disrupting access to physical classrooms and limiting interpersonal interactions [2]. This necessitated a rapid rethinking of teaching methods and administrative processes.

The inability to maintain usual paper documentation prompted the introduction of extraordinary measures to restore the educational process in digital format.

Analysis of immediate impacts and academy's response:

The academy's response included urgently implementing measures to ensure the accessibility of education through distance platforms. A series of initiatives were developed and launched to minimize disruptions in education.

Development and implementation of automated systems:

Google Workspace: implementation and integration:

Choosing Google Workspace was a logical decision due to its extensive functionality, scalability, and reliability. The platform allowed for the integration of communications, document flow, and task management into a single digital space, significantly simplifying the transition to distance learning.

Development of the Department KSMA System:

Technical specifications and functionalities: The system was designed as a comprehensive solution for managing educational processes and documentation [3–5]. It includes modules for student registration, academic record management, and integration with internal and external databases.

Role of the system: Department KSMA became a central element in ensuring the digital integrity and security of the academy's educational data, providing real-time access to information and a high level of data protection [6].

Results and evaluation:

Evaluation of the effectiveness of digital systems: Analysis of the effectiveness of the new systems showed significant improvements in data processing and reporting efficiency, as well as increased user satisfaction due to the convenience and accessibility of the services.

User feedback: Positive feedback from students and teachers confirmed that the systems not only resolved the issues of educational continuity during crises but also provided better organization of the educational process.

Challenges during implementation: Despite the successes, there were challenges, such as the need for continuous technical updates, staff training, and student adaptation to new tools.

Conclusions

Summary of the impact of automation on the academy's educational processes:

Automation at Kherson State Maritime Academy has significantly transformed educational processes, providing a crucial leap in quality and efficiency. The introduction of systems such as Google Workspace and Department KSMA has enhanced accessibility, ease of use, and integration of educational resources, ensuring the continuity of educational activity even under challenging conditions of war and pandemic.

Reflections on the stability and scalability of implemented systems:

The systems implemented at the academy demonstrated high resilience and scalability. However, to ensure long-term stability, continuous updates to technical support, staff training, and responses to changes in the technological landscape are necessary. The educational institution must actively work on updating and adjusting systems to ensure their readiness for future challenges.

Future prospects and potential expansion of digital systems at the academy:

Given the success of automation and positive user reception, Kherson State Maritime Academy faces the prospect of further expanding digital systems. Opportunities include developing proprietary mobile applications, enhancing integration with artificial intelligence for personalized learning, and expanding digital resources to ensure more effective data and resource management.

REFERENCES

1. Носов П. С., Тонконогий В. М., Яковенко О. Є. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента // Тр. Одес. политехн. ун–та. Одесса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006. – С. 118–122.

2. Ihor Popovych, Ihor Halian, Olena halian, Pavlo Nosov, Serhii Zinchenko, Vitalii Panok. Research on personality determinants of athletes' mental exhaustion during the ongoing COVID-19 pandemic. Journal of Physical Education and Sport, 2021, 21(4), p. 1769–1780. https://doi.org/10.7752/JPES.2021.04224.

3. Solovey, O., Ben, A., Dudchenko, S., Nosov, P. (2020). Development of control model for loading operations on Heavy Lift vessels based on inverse algorithm. Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 5/2 (107), 48–56. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214856.

4. Zinchenko S.M., Ben A.P., Nosov P. S., Mamenko P. P., Mateichuk V. M. Improving the Accuracy and Reliability of Automatic Vessel Motion Control Systems // Materials of the XII International Scientific and Practical Conference "Advanced Information and Innovative Technologies for Transport (MINTT - 2020), May 27–29, 2020, Kherson p. 54–58.

5. Nosov, P. S., Popovych, I. S., Cherniavskyi, V. V., Zinchenko, S. M., Prokopchuk, Y. A., & Makarchuk, D. V. (2020). AUTOMATED IDENTIFICATION OF AN OPERATOR ANTICIPATION ON MARINE TRANSPORT. Radio Electronics, Computer Science, Control, (3), 158–172. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-15.

6. Іванішена К. В., Носов П. С., Левицький В. М. Розробка та впровадження хмарного засобу для формування та інтелектуального аналізу метаданих здобувачів освіти // Матеріали ІІІ міжнародної науково – практичної конференції "Проблеми сталого розвитку морської галузі (PSDMI-2023), Херсон: ХДМА, 23 листопада 2023. С. 141–151.

PECULIARITIES OF USAGE THE PHYSICAL MODELING OF SHIP ELECTRIC POWER SYSTEMS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Ushkarenko O. O., Treshniuk A. I.
Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Ukraine)

Introduction. The need to improve the quality and level of training of specialists for the marine electrical power industry in modern conditions is very important, since often the cause of accidents is the human factor. The paper [1] reflects the current state of the problem and outlines the main features of a systematic approach to human errors, taking into account psychological reasons. Various approaches to solving the problem of reducing the level of human errors in the operation of technical systems are considered. No less important is the visualization of parameters about the state of the power system using information display systems [2], the quality of which determines the speed and accuracy of obtaining information about the state of the ship's electrical power system (SEPS). One of the possible concepts for constructing operational and dispatch control systems for energy resources is considered in [3]. However, for the safe use of modern automated control systems (ACS), ship electromechanics must also have the appropriate professional knowledge and skills, providing maintenance of ship equipment and automation means. In the process of training specialists, the work with real equipment allows them to get the necessary competencies. In the context of university training, this can be achieved by creating a physical model of the SEPS and its ACS. This is also justified in work [4], which states that it is advisable to use the division of the training process into two stages – based on information and physical models of SEPS. In fact, such a physical model of the SEPS is a simulator that provides adequate reproduction of operational situations.

The aim of the research is to develop approaches to modeling control processes for ship electrical power systems using the physical model of the SEPS and its automated control system, the structure of which provides opportunities for training specialists in the operation and maintenance of ship electrical equipment and related software.

The educational and research laboratory of power electronics, electromagnetic compatibility and control problems in the electric power industry was created at the Admiral Makarov National University of Shipbuilding at the Department of Programmable Electronics, Electrical Engineering and Telecommunications. The basis of the laboratory is a physical model of the SEPS, consisting of two synchronous generators with a power of 2 kW and asynchronous drive motors, as well as an internal combustion engine. The stands are equipped with Altivar frequency electric drives, microprocessor systems for synchronizing generators and load sharing, microprocessor systems for excitation of synchronous generators, and digital devices for monitoring electricity parameters. All automation tools are integrated into a microprocessor network. The physical model of SEPS is controlled by an ACS, which includes microprocessor systems for acquisition and processing information, the main functions of which are:

– control of the SEPS physical model operating modes;
– switching of powerful electricity consumers;
– measurement of the generators active and reactive power;
– power factor control during parallel operation with the network;
– control of the synchronous generators excitation;
– control of generator voltage parameters and drive motors;
– statistical processing of power quality indicators;
– monitoring of vibration-acoustic indicators of equipment.

The parameters of the SEPS are controlled and monitored from the control panel, which is part of the automated control system and consists of three sections:

– section for monitoring the parameters of synchronous generators and monitoring the quality of electricity. It includes a sensor monitor that displays the values of voltage, current,

generator power, and displays the results of spectral analysis of voltage and current in the network;

– SEPS operating modes control section that provides control of the start/stop of engines, control of the excitation of synchronous generators and the process of their synchronization with the network, performs the functions of load sharing between generators;

– section for controlling and monitoring parameters of generator drive motors and load control. Provides monitoring of motor parameters, start and stop of induction motors, displaying of alarm signals, and allows to program the operating modes of drive motors.

The use of the physical model of the SEPS allows training to be carried out in accordance with the algorithm presented in Fig. 1.

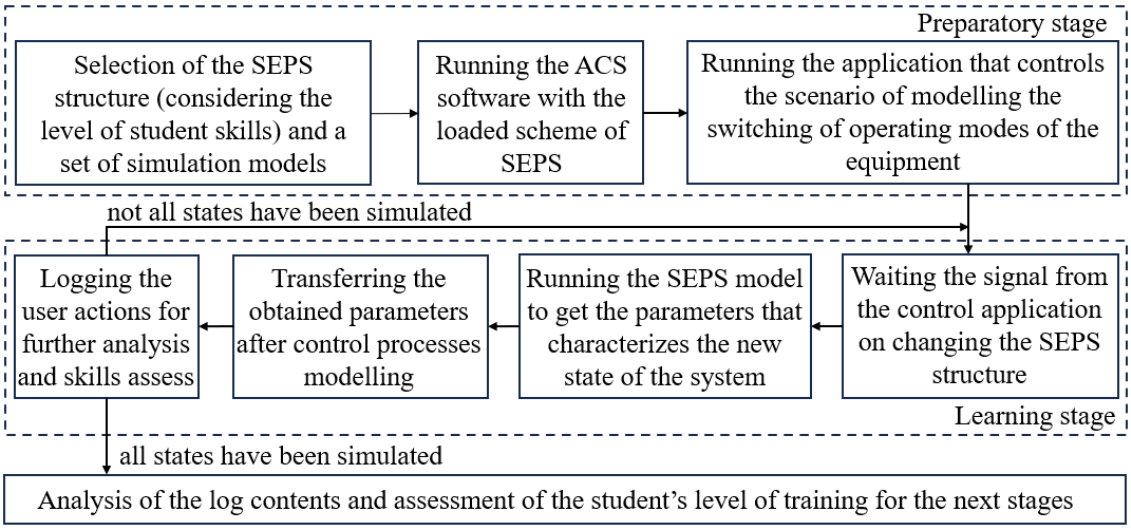


Figure 1 – The algorithm for training specialists in ship electrical equipment at the primary stage

In the laboratory a developed specialized SCADA system for controlling an electrical power plant is used, which performs the following functions:

– design of the ship power plant structural diagram;

– monitoring of diesel generator units parameters;

– management of electricity consumers and load sharing between parallel operating units;

– spectral analysis of current and voltage;

– displaying parameters of the current state of the ship electric power plant physical model and transmitting operator commands to automation controllers in real time;

– monitoring of communication channel congestion.

Software monitoring tools provide oscillograms of the voltage and current of each generator and perform a spectral analysis of voltage and current. Based on these data, the harmonic coefficient is calculated, which is an indicator of power quality. The values of active, reactive and full power of the generator, as well as power factor, are calculated. The use of stylized indicators allows to display parameters in a form convenient for the operator. The control panel, together with other stands, is used to conduct scientific research in the following areas:

– research of the process of automatic precise synchronization of generators;

– frequency control of induction motors;

– phase control of induction motors;

– active/reactive load sharing between generators operating in parallel;

– power quality control, voltages and currents spectral analysis;

– remote control of power converters;

– control of technological equipment via wireless channel;

– systems for acquisition and processing information about the state of power units;

– research and forecasting of ship power plants operating modes;

– research of predictive control systems of synchronous generator excitation;

– solving optimization problems which can occur in SEPS control;

– software development for ACS SEPS;

– research of microprocessor networks and optimization of information flows.

The use of the physical model of SEPS makes it possible to solve the following tasks of training specialists, in addition to ones described in [4]:

– studying of connection diagrams and adjustment algorithms for automatic frequency regulators of diesel engines and voltage regulators of synchronous generators; systems for synchronizing diesel-generators with the network and load sharing between generators that are operating in parallel;

– studying of soft start and braking systems, variable frequency electric drives of induction motors: study of the structure and operating principle, motor connection diagrams and control signals, features of system control using hardware and analog or discrete signals;

– studying of control and parameters monitoring systems for diesel engines: studying of block diagrams and operating principles, device circuitry and typical connection diagrams, features of setting up devices for operation in a unified information and control network of a distributed control system; studying of types and interfaces for connecting industrial sensors of physical parameters;

– studying the connection diagrams and operating principles of programmable logic controllers and expansion modules; studying PLC programming languages and the principles of combining devices into subsystems to implement complex local equipment control algorithms;

– use of knowledge and skills obtained as a result of studying the basics of operation of the above-mentioned automation systems, as well as specialized software for studying a distributed control system of a physical model of SEPS.

Conclusions. The described structure of the physical model of the SEPS provides wide opportunities for conducting research of SEPS automated control processes. This stage of training involves a step-by-step study of automation hardware at local stands and then as part of a distributed control system for the SEPS physical model. First of all, such a physical model opens up opportunities for undergraduates and graduate students to develop and research intelligent control systems based on neural networks and fuzzy logic, allows them to conduct research in the field of human-machine systems, and create training stands for certification and training of personnel. The SEPS physical model provides the ability to study the influence of power quality on information processes occurring in a distributed network of an automated control system. Software for managing the ship's electrical power system allows personnel to automate the process of generating electricity, managing the operating modes of the SEPS, etc.

REFERENCES

1. Mohammad Sheikhalishahi. Human Factors Effects and Analysis in Maintenance: A Power Plant Case Study: Human Factor Effects and Analysis in Maintenance / Sheikhalishahi Mohammad, Azadeh Ali, Pintelon Liliane, Chemweno Peter // Quality and Reliability Engineering International. 2016. Vol. 33, Issue 4. P. 895–903. DOI: 10.1002/qre.2065.

2. Michelle Gauthier. Control and automation systems onboard the vessel: Lessons in human-centered design learned from 20 years of marine occurrences in Canada / Gauthier Michelle, Kruithof Gerard, Narlis Christina, Jolliffe Wendy // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 2019. Vol. 63. P. 1000–1004. DOI: 10.1177/1071181319631066.

3. Jan Idzikowski. Automated control system with process of the use of ship's power station / Idzikowski Jan, Grzeczka Grzegorz // Journal of Marine Engineering & Technology. 2018. Vol. 16. P. 349-356. DOI: 10.1080/20464177.2017.1383339.

4. Dorohan O.I. Zasoby poetapnoi pidhotovky fakhivtsiv z ekspluatatsii sudnovoho obladnannia / O.I. Dorohan, V.M. Riabenkiy, O.O. Ushkarenko // Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii. 2014. № 1. P. 85–93.

ПРО ЕВОЛЮЦІЮ РЕКУРЕНТНИХ НЕЙРОННИХ СИСТЕМ

Абрамов Г. С.
Херсонська державна морська академія (Україна)
Гущин І. В.
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (Україна)
Сіренька Т. О.
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (Україна)

Вступ. Зазвичай, люди мають набір даних – історію процесів і хочуть прогнозувати майбутнє. Формально йдеться про відомий розподіл ймовірностей $P(x_t \mid x_{t-1},...x_1)$ на цих даних, оцінка умовного очікування $\mathrm{E}[(x_t \mid x_{t-1},...x_1)]$ (тут умовне означає, що слід знайти очікування величини x_t, якщо виконані умови появи раніше величин $x_{t-1},...x_{t-\tau}$). Для цього найчастіше використовують лінійну регресію і, насамперед, бентежить лише невизначена кількість цих попередніх величин, хоча ця проблема може бути вирішена вибором вікна – довжини цієї послідовності даних (це відносять до марківських моделей, наприклад τ – порядку, які враховують послідовність $x_{t-1},...x_{t-\tau}$). Якщо є можливість якось узагальнити попередні дані і це резюме позначене як $h_i = g(h_{i-1}, x_{t-1})$, тоді можна ввести до попередніх форм опису прогнозу $\hat{x}_t$, тобто $\hat{x}_t = P(x_t \mid h_i)$. Тут в описі з'являється резюме, яке в рекурентних моделях нейронних систем формує сама мережа, і тому це резюме часто називають прихованим описом (мабуть тому, що явного вигляду h_t мережа користувачам не надає).

1. Класичні рекурентні мережі. Ідея початкових мовних класичних рекурентних[1] мереж (RNN) (їх рекурентність полягає в тім, що вони постійно використовують те, що було відомо раніше) у тому, щоб крок за кроком доповнювати текст найбільш ймовірним наступним словом. На кожному кроці обчислюється вихід h_t, який залежить від входів x_{t-1} x_{t-2}, … x_{t-m} на попередніх кроках. Оскільки користувачам не бажано знаходити явний вигляд h_t, то це простіше назвати прихованим описом. Пізніші значення даних в цих моделях залежать від більш ранніх[2]. Архітектурно, рекурентна нейронна мережа представляє собою ланцюжок повторюваних модулів. Почали використовувати словники – ембедінги, що представляють слова у векторній формі, причому відстань між векторами залежить від того, наскільки часто ці слова корелюють між собою в текстах (набори яких часто називають корпусами).

В рекурентних мережах класичного типу знаходилась ймовірність та частота пари-трійки сусідніх слів зі словника та формувалась інтегральна ймовірність речення, фрази $p(x_1,...x_T)$ яку мережа максимізувала, розклавши її у добуток умовних густин зліва направо, застосовуючи ланцюгове правило ймовірності:

[1] Активне використання подібних архітектур схильні приписувати С. Хохрайтеру і його колегам, на початку 90–х років минулого сторіччя.

[2] Для вибору впливу попередніх слів на наступні (вибір внутрішньої пам'яті з вектором стану s_t) використовують вентильні архітектури, наприклад довгу короткострокову пам'ять (Long Short-Term Memory – LSTM) та вентильний рекурентний блок (Gated Recurrent Unit – GRU). У практиці створення рекурентних мереж LSTM [1, 2] блоки використовувалися для покращення передачі інформації з попередніх ітерацій рекурентних мереж RNN.

$$P(x_1,...x_T) = P(x_1)\prod_{t=2}^{T} P(x_t \mid x_{t-1},...x_1) \ . \quad (1)$$

Можна знаходити умовну ймовірність на всю глибину пам'яті, чи довжину корпусу слів (1), а також марківські наближення різної глибини пам'яті $P(x_t \mid x_{t-1},...x_{\tau>1})$, і навіть $P(x_t \mid x_{t-1})$, тоді ймовірність всього речення, фрази, чи корпусу буде відповідно до вибору марківських моделей, наприклад τ – порядку, які враховують послідовність $x_{t-1},...x_{t-\tau})$

$$P(x_1,...x_T) = P(x_1)\prod_{t=2}^{T} P(x_t \mid x_{t-1},...x_1)$$
,
$$P(x_1,...x_T) = P(x_1)\prod_{t=2}^{T} P(x_t \mid x_{t-1},...x_{\tau>1}) \text{, і навіть} \quad (2)$$
$$P(x_1,...x_T) = P(x_1)\prod_{t=2}^{T} P(x_t \mid x_{t-1})$$
.

Тут вибрано відповідно довжину послідовності даних T, τ та таку, що дорівнює одиниці.

Підбираючи слова з словника, мережа шукає максимум умовної ймовірності окремих частин корпусу і всього корпусу. Основна задача класичної рекурентної мережі згенерувати текст, підібрати слова, які найбільш подібні попереднім фразам та реченням. Подальший розвиток враховує певне резюме h_i минулих розрахунків, заміняючи

$$P(x_t \mid x_{t-1},...x_1) \to P(x_t \mid h_t) \ , \quad (3)$$

і оновлюючи форму цих прихованих (від розробників) станів $h_i = g(h_{i-1}, x_{t-1})$. Ці моделі ще називали латентними авторегресійними моделями (див., наприклад, [3]).

3. Рекурентні мережі з кодувальником (енкодером) та декодером для перекладу. Більш сучасні рекурентні мережі, навіть двонаправлені (вони знимають проблему використання тільки попередніх даних), все одно формують речення послідовно слово за словом з максимумом спочатку локальної (ймовірність діграм, наприклад), потім інтегральної максимальної умовної ймовірності (1) або (2), однак тепер у них є енкодер та декодер, які здатні при користуванні словниками формувати спочатку неякісний переклад між мовою А(енкодер) и мовою В (декодер). Фраза мовою А представляється в кодувальник (енкодер). З словника формується фраза мовою В у декодері.

Процедура перекладу: 1. Оцінюється ймовірність знаходження пари слів поруч (із попереднього навчання мережі). 2. Оцінюється частота появи цієї пари в вибірках, що навчаються. 3. Формується загальна ймовірність фрази чи текстового фрагмента.

В енкодері формуються приховані від людей послідовності прихованих станів $\vec{h}_t = f(\vec{x}_t, \vec{h}_{t-1})$ зібрані в вектор контексту $\vec{c} = q(\vec{h}_1,...,\vec{h}_T)$ для мови А, що представлена в енкодері. У декодері для мови В вихідна послідовність $(y_1,...,y_T)$ для кожного тимчасового кроку t' (t' використовуємо на відміну від тимчасових кроків вхідної послідовності енкодеру t), декодер присвоює прогнозовану ймовірність кожному можливому слову (токену), що зустрічається на кроці $t'+1$, обумовлену попередніми токенами в цільовому об'єкті $(y_1,...,y_{t'})$ для мови В та добавляє вектор контексту - $\vec{c}$, тобто

$$P(y_{t'+1} \mid y_1,...,y_{t'},\vec{c}) \ . \quad (4)$$

Прогнозування наступної лексеми $t'+1$ в цільовій послідовності: декодер *RNN* приймає цільовий маркер (маркером тут є значення y) попереднього кроку, прихований стан RNN з попереднього тимчасового кроку $h_{t'-1}$ вектор контексту $\vec{c}$ як вхідні дані, і

переводить їх у прихований стан $h_{t'}$ на поточному тимчасовому кроці. Уже в цьому опису ясно, що як конкретно це зроблено навіть розробникам невідомо, але структуру та характер перетворень вони майже розуміють. Революційною дією на цьому кроку еволюції було використання двох мереж – енкодера та декодера, які відповідно пов'язані зі словниками різних мов.

4. Рекурентні мережі з механізмом уваги. Використання механізму уваги Bahdanau (https://d21.ai/).) дозволяє використовувати інформацію, отриману не тільки з останнього прихованого стану, але і будь-якого прихованого стану енкодера h_t для будь-якої ітерації t (пробігає від 1 до m). За допомогою механізму уваги (приймає приховані стани енкодеру h_i і прихований стан декодеру $\vec{s}_{t'-1}$ створює зважену оцінку ***s*** з суми станів енкодера c_i) досягається "фокусування" декодером на певних прихованих станах енкодера. У випадках машинного перекладу ця можливість допомагає декодеру передбачати на які приховані стани енкодера при вихідних певних словах мовою А необхідно звернути більше уваги при перекладі даного слова на мову В.

Механізм уваги був спочатку використаний у *Seq2seq* [3] (sequence–to–sequence) мережі для машинного перекладу (Machine Translation – MT) [4].

Шар механізму уваги – одношарова нейронна мережа, на яку подають вже не кінцеве приховане значення, а всі такі значення h_i (t =1, …m), а також приховане значення декодеру на попередньому його кроці (ітерації) $\vec{s}_{t'-1}$. Вихід шару уваги – це значення вектору **s** (*score*). Це буде фактично вага прихованого значення h_i . Для нормалізації **s** використовується операція softmax. Тоді e = *softmax(**s**).* Тепер контекст-вектор приймає вигляд

$$c = \sum_{i=1}^{m} e_i h_i . \tag{5}$$

Таким чином результат роботи шару уваги є контекст-вектор *c*, який постійно змінюється в процесі обчислення та включає в себе інформацію про всі зважені увагою приховані стани енкодеру. Передача постійно коректованого вектору контексту у декодер поліпшує, як показала практика, якість перекладу за рахунок зміни контексту енкодера та декодера. Головна ідея механізму уваги полягає в тому, що замість того, щоб зберігати стан, який резюмує вихідне речення енкодера, мережа динамічно оновлює його, як функцію оригінального тексту (приховані стани кодувальника h_i), а також текст перекладу, який вже був згенерований (декодер прихованих станів $\vec{s}_{t'-1}$). Це дає новий вектор контексту **c,** який оновлюється після будь-якого кроку декодування t'. Головне , що вже на цьому етапі розвитку нейронних мовних моделей дослідники перестають розуміти сенс перетворень векторів, що описують послідовності. Важають, що «моделі уваги надають «інтерпретаційність», хоча що саме означають ваги уваги… залишається туманною темою дослідження».

Потім знайшли можливість використати нові розробки механізму уваги, що використовувались в технології «Трансформер» для формування вектору контексту.

В цьому варіанті вектор контексту с є результатом об'єднання уваги (шар механизму уваги тоді не потрібен):

$$c_{t'} = \sum_{t=1}^{T} \alpha(s_{t'-1}, h_i) h_i \ , \tag{6}$$

тут використовували $s_{t'-1}$ як запит, і h_i і як ключ, і як значення у термінах та позначеннях технології «Трансформер».

[3] Фактично технологія *Seq2seq* змінила характер рекурентної мережі попереднього типу.

5. Технологія «Трансформер». В технології «Трансформер» (див., наприклад, [5–7]), яка вже замінює всі попередні системи перекладу, механізм уваги дозволяє відмовитися від рекурентного механізму формування фраз та корпусів «від слова до слова» та виключити LSTM і GRU блоки, тепер розглядається речення все зразу. Тому принцип рекурентности вже не потрібен.

Тепер всі приховані стани кодувальника h(t) передаються в декодер, який формує ваги уваги для начальної послідовності. Під час прогнозування токена, якщо не всі вхідні токени є релевантними (підходящими), модель враховує більше ті частини вхідної послідовності, які вважаються відповідними поточному прогнозу. Так би мовити, акцентує на них свою увагу.

З появою механізму уваги виникає необхідність кодування, що заміняє нумерацію слів (токенів). Можна на корпусі L (кількість речень та слів) ввести тригонометричні функції - моди (наприклад, з хвилевим числом $k = 2\pi / L$), множення на які не виводять абсолютне значення векторів з інтервалу (0-1). Матриця, яка нумерує токени, добавляться до матриць, які використовуються при обчисленнях. Необхідність використання цієї матриці повязана з тим, що треба відновити процедуру формування послідовності, яка раніше автоматично була реалізована в рекурентній схемі.

Далі, позначимо $D =^{def} \{(\vec{k}_1, \vec{v}_1), ...(\vec{k}_m, \vec{v}_m)\}$ базу даних m кортежів ключів $\vec{k}_i$ і значень $\vec{v}_i$. Крім того, позначимо $\vec{q}$ як запит[4]. Цей підхід, вважається, допомагає сформувати принципи створення механізму уваги технології «Трансформер»:

$$Attention(\vec{q}, D) =^{def} \sum_{s=1}^{m} \alpha(\vec{q}, \vec{k}_i)\vec{v}_i \tag{7}$$

де $\alpha(\vec{q}, \vec{k}_i)$ – скалярні ваги уваги $(i = 1, ...m)$. Всі значення прихованих станів множаться на ці ваги, і утворюють зважену суму значень. Зауважимо, що скалярні ваги вибирають досить феноменологічно, використовуючи, наприклад, найбільш відоме ядро Gaussian [8], що описує характерні розміри відстаней між словами.

$$\alpha(\vec{q}, \vec{k}_i) = \vec{q}^T \vec{k}_i / d \tag{8}$$

Зауважимо, що ваги уваги ще потребують нормалізації. Ми можемо спростити це за допомогою операції softmax:

$$\alpha(\vec{q}, \vec{k}_i) \to soft\max(\alpha(\vec{q}, \vec{k}_i)) = \frac{\exp(\vec{q}^T \vec{k}_i / d)}{\sum_{j=1} \exp(\vec{q}^T \vec{k}_j / d)} \tag{9}$$

Таким чином вдалося перейти до більш ефективного аналізу речень, як окремих, так і у великих текстах (корпусах). Однак залишились деякі проблеми, вирішення яких привело до появи важливих механізмів не тільки кодування, а, що важливо, до покращення стилістики та якості перекладу.

6. Допоміжні механізми перекладу.

6.1. Конструкція багатоголової уваги. Вектори, які відповідають елементам тексту, розбивають на декілька фрагментів, з якими поводяться так же само, як би поводились з цілими векторами. Такий підхід, коли кожен з h виходів об'єднання уваги є головою, був зроблений в значної мірі для використання паралельних обчислень, що вважалось більш продуктивним. Поки що математики розмірковують про коректність такого підходу, але практичні результати вже показали його ефективність.

На практиці, при однаковому наборі запитів, ключів і значень, можна розділити різних діапазони змін, ввести різні підпростори представлення запитів, ключів і значень.

[4] Ключ, запит, значення – це така структура, що здалась розробникам більш зрозумілою. Не факт, що таке представлення буде надалі збережено.

Фактично поділити вектори на частини. З цією метою, замість того, щоб виконувати єдине об'єднання уваги, – запити, ключі та значення можуть бути перетворені у набір запитів, ключів та значень, що подаються в увагу паралельно. Така конструкція називається *багатоголовою*, де кожен з h виходів об'єднання уваги є *головою* [7].

Крім того, дослідники виявили, що також як і у випадку використання декількох кодувальників (енкодерів) та декодерів, кожний такий канал обчислення самостійно наповнюється різним сенсом, і ці, так звані діапазони та підпростори, мережа створює інколи в незрозумілій розробникам формі.

Задано запит $\vec{q} \in R^{d_q}$, ключ $\vec{k} \in R^{d_k}$, і значення $\vec{v} \in R^{d_v}$, кожна голова з увагою h обчислюється як

$$\vec{h}_i = f(\vec{W}_i^q \vec{q}, \vec{W}_i^k \vec{k}, \vec{W}_i^v \vec{v}) \in R^{p_v} \tag{10}$$

де $\vec{W}_i^q \in R^{p_q \times d_q}$, $\vec{W}_i^k \in R^{p_k \times d_k}$, $\vec{W}_i^v \in R^{p_v \times d_v}$ є параметрами, які можна ввести, і f – це об'єднання уваги, наприклад, адитивна увага. Дивно, но таке дійство, ініційоване занадто рішучими розробниками нейронних мереж не призводить до нісенітниць, а дає досить розумні результати. Як це виходить у мережі, – ще потребує серйозного дослідження.

6.2. Самоувага. Крім уваги, що використовується проміж енкодером та декодером, кожний з них потребує так званої самоуваги, або внутрішньої уваги. Це практично те саме, що робила класична рекурентна мережа, але у формі, яка вже стала базовою для технології «Трансформер». Ця самоувага тепер працює інакше [7], а в інших місцях описується як модель *внутрішньої уваги* [9].

Одні й ті самі елементи вхідної чи вихідної послідовностей поперемінно грають роль і запитів, і ключів, і значень.

Автори багатьох робіт приводять приклад.

Так, при перекладі речення «Студент вивчає трансформер», спочатку запитом є слово «Студент», а ключем «вивчає». Скалярний добуток відповідних векторів прихованого представлення дає оцінку уваги цієї пари, яка потім буде помножена на значення, тобто векторне представлення слова «вивчає». У наступному проході запитом буде слово «вивчає», а ключем може бути слово «трансформер».

В результаті відповідно до виразу (8) буде сформована оцінка уваги для всіх пар запит/ключ, на яку будуть помножені всі вектори-значення вхідної послідовності. Вектор контексту енкодеру тепер буде спочатку помножений на ці ваги самоуваги, а потім вже це відправлено в декодер. А у декодері також після всіх перетворень, раціонально використати свою самоувагу, щоб уникнути невідповідності перекладу основам цієї мови. Самоувага дозволяє переробити вірний, але не дуже літературний текст в досить привабливий та більш приємний для читача.

У цьому механізмі запит – це назва того, що необхідно знайти. Ключами є підписи на папках та блоках у середині картотеки. Знайшовши відповідну папку, ми можемо дістати її і вияснити вміст – вектор значення. Але у випадку з внутрішньою увагою треба шукати не одне значення, а значну кількість значень із набору папок. Розмноження вектора запиту на кожен із векторів ключа дасть нам коефіцієнти для кожної папки (технічно: скалярне значення з наступною функцією softmax, тобто переведення цього значення в одиничний інтервал, що має смисл ймовірності). Склавши всі значення з їх коефіцієнтами, можна отримати результат внутрішньої уваги.

7. Висновки. Процес розвитку нейронних мереж продовжується і виглядає як дивний метод пошуку, більш інтуїтивний, ніж строго логічний. Якщо спочатку нейронні мережі створювали нейрофізіологи, які розумілись на роботі мозку, то потім до цього процесу приєдналась математики, однак до них не дуже прислухалися.

Однак бурхливий розвиток обчислювальних систем, досягнення в паралельних обчисленнях (див., наприклад, [10]), значний об’єм пам’яті дозволили сміливіше

формувати архітектури та технології нейронних мереж. І на сцені з'явилися технології, люди, які більш орієнтувалися на технічний розвиток мереж. Вони створили такі складні та великі системи, що знадобився вже інший підхід до їх розуміння та представлення. Виявилось, що ініціатива в розвитку нейронних мереж вже переходить до самих нейронних мереж, які здатні виправляти вади та слабкості технологічних нововведень людей, самостійно знаходити методи корекції слабких людських рішень. Ілюстрацією є створення технології «Трансформер», яка досить некоректно зроблена людьми, однак нейронна мережа знайшла сама методи виправити неточності та некоректність і продемонструвала неабияку здібність представити користувачам той результат, який вони жадали.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hochreiter, S., Bengio, Y., Frasconi, P., & Schmidhuber, J. (2001). Gradient flow in recurrent nets: the difficulty of learning long-term dependencies. A Field Guide to Dynamical Recurrent Neural Networks. IEEE Press.

2. Chung, J., Gulcehre, C., Cho, K., & Bengio, Y. (2014). Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling. ArXiv:1412.3555.

3. Вступ до методів організації та оптимізації нейромереж : навчальний посібник / І. В. Гущин, О. В. Киричок, В. М. Куклін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021 – 152 с.

4. Charniak E. Introduction to deep learning - The MIT Press Cambridge, Massachuset. Bengio Y., Ducharme R., Vincent P. A Neural Probabilistic Language Model // Journal of Machine Learning Research, 2003, vol. 3. — P. 1137–1155.

5. Bahdanau, D., Cho, K., & Bengio, Y. (2014). Neural machine translation by jointly learning to align and translate. ArXiv:1409.0473.

6. Sutskever, I., Martens, J., Dahl, G., & Hinton, G. (2013). On the importance of initialization and momentum in deep learning. International Conference on Machine Learning (pp. 1139–1147).

7. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., … Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. Advances in Neural Information Processing Systems (pp. 5998–6008).

8. Nadaraya, E. A. (1964). On estimating regression. Theory of Probability & its Applications, 9(1), 141–142. Watson, G. S. (1964). Smooth regression analysis. Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A, pp. 359–372.

9. Parikh, A. P., Täckström, O., Das, D., & Uszkoreit, J. (2016). A decomposable attention model for natural language inference. ArXiv:1606.01933.

10. І. В. Гущин, В. М. Куклін, О. В. Мішин, О. В. Приймак. Моделювання фізичних процесів із використанням технології CUDA. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 116 с.

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ

Кісєтов Ю. В.
Національний університет кораблебудування
(Україна)

Вступ. Одним із сучасних напрямів розвитку нових методів навчання є використання можливостей штучного інтелекту (ШІ). Використання технологій ШІ дає можливості підвищити ефективність процесу навчання. Ефективність використання ШІ у підготовці суднових механіків проявляється у можливості створення інтерактивних тренувальних середовищ, які моделюють різні сценарії роботи на судні. Це не тільки підвищує рівень практичної підготовки студентів, а й знижує вартість таких тренувань в реальних умовах. Крім того, набуття практичного досвіду в такій новітній перспективній сфері дає змогу розширити компетенції майбутніх суднових механіків, навчити їх практичному використанню додаткових можливостей ШІ.

Актуальність досліджень. Професійними особливостями процесів навчання та подальшої діяльності судномеханіків є також достатньо великий обсяг практичної складової навчального комплексу. Крім того, окремі особливості вивчення деяких питань потребують колективного (групового) вирішення шляхом групових обговорень, рольових ігор, розігрування ситуацій, використання тренажерів тощо.

Такі досить специфічні умови навчання вимагають реального поєднання форм очного та дистанційного навчання, за якого студент (курсант) самостійно вивчає окремі курси чи розділи в електронному форматі, що не виключає його безпосереднього контакту з викладач як очно, так і в електронному вигляді. У зв’язку з цим навчання стає процесом вирішення нестандартних науково-навчальних завдань методами проблемного навчання, суть якого полягала у формуванні проблемних ситуацій у процесі навчання, виявленні та розв’язанні проблем студентами [1–4].

Постановка задачі. У роботі розглянуто спробу застосування ШІ ChatGPT на прикладі вивчення теми «Обробка відходів на морських суднах». На практичному занятті було розглянуто можливості використання ЩІ в якості помічника при самостійному вивченні вказаної теми.

Результати досліджень На першому етапі ШІ було запропоновано скласти план роботи по вказаній темі. Результат цього завдання наведено нижче. (Курсивом нижче наведено відповіді, які надані ШІ. Зрозуміло, що знадобилося трохи відредагувати отриману інформацію).

План вивчення теми «Обробка відходів на морських суднах»:

Тема 1. Визначення проблеми. Введення у тему обробки відходів на морських суднах. Постановка задачі та актуальність проблеми;

Тема 2. Розгляд міжнародних норм та стандартів з обробки відходів. Огляд законодавства, що регулює діяльність морських суден у цій галузі;

Тема 3. Види відходів та їх джерела. Класифікація відходів на морських судах. Визначення основних джерел формування відходів. Технології обробки відходів на морських суднах;

Тема 4. Розгляд методів збирання та тимчасового зберігання відходів. Приклади організації збору та зберігання;

Тема 5: Обробка твердих відходів. Вивчення методів обробки твердих відходів на морських суднах. Практичні приклади реалізації з використанням відповідного обладнання. Управління та моніторинг обробки відході;

Тема 6: Системи управління відходами на судах. Огляд сучасних систем управління відходами. Розгляд прикладів реалізації таких систем.

Тема 7: Моніторинг та оцінка ефективності. Введення у методи моніторингу обробки відходів. Практичні вправи з оцінки ефективності системи обробки.

На другому етапі було сформульовано завдання подальшого розвитку питань, отриманих від ШІ на першому етапі. Після наступної деталізації завдання з необхідністю наданням інформації про технології і обладнання, які використовуються на суднах, отримали таку додаткову інформацію.

Обладнання для технологій обробки відходів на морських суднах включає різноманітні технічні рішення, призначені для збору, сортування, переробки та утилізації відходів. Ось кілька характеристик основних типів обладнання:

Системи збирання та транспортування відходів:

Бункерні системи: Судна обладнані спеціальними контейнерами або бункерами для тимчасового зберігання відходів до їхньої обробки або вивантаження в порту.

Транспортери: Використовуються для переміщення відходів від місця їх утворення до систем сортування та обробки.

Системи сортування та поділу відходів:

Конвеєрні системи. Переносять відходи через різні станції сортування, де вони можуть бути класифіковані за типами.

Роботизовані системи: Автоматизовані роботи для сортування та поділу відходів відповідно до їх видів та характеристик.

Механізми переробки відходів:

Піролізні установки: Використовують високі температури без кисню для перетворення відходів у паливо або інші корисні продукти.

Молекулярні сита: Використовуються для фракціонування відходів та вилучення цінних матеріалів.

Системи утилізації органічних відходів:

Біореактори: Створюють оптимальні умови для розкладання органічних відходів з використанням мікроорганізмів.

Компостери: процеси природного компостування для обробки органічних відходів.

Системи очищення та фільтрації:

Фільтри: Усувають токсини та забруднювачі з відходів, запобігаючи їх попаданню в морське середовище.

Системи очищення газів: Уловлюють та обробляють гази, що утворюються при переробці відходів.

Системи моніторингу та управління:

Сенсори та датчики: Відстежують рівні різних видів відходів, температуру, тиск та інші параметри.

Системи автоматизації: Інтегровані зі ШІ для ефективного управління всіма процесами обробки відходів.

Це лише загальний огляд параметрів устаткування, і конкретні властивості можуть відрізнятися залежно від типу судна, його призначення та міжнародних стандартів.

У процесі наступного «діалогу» зі ШІ було отримано ще додаткову інформацію, яку можливо використовувати при вивченні вказаної теми, але не вдалося отримати описи, схеми, фото, характеристики і параметри конкретного обладнання, яке використовується на суднах. Останнє, можливо, пов’язане з використанням безкоштовної версії ШІ, яка має функціональні обмеження. Крім того, зараз існує достатньо широкий набір систем ШІ різних розробників, кожна із яких має свої особливості, можливості, галузь використання тощо.

Висновки. Отриманий досвід використання ШІ для самостійного вивчення матеріалу свідчить про можливість підвищити ефективність самостійної роботи студентів, отримати економію часу і, крім того, надати студентам нові навички роботи з інформаційним середовищем.

У цілому система навчання – це навчально-виховний комплекс, який поєднує в собі різні форми викладання навчального матеріалу. Електронні джерела інформації стають не додатковим, а провідним засобом на багатьох етапах процесу навчання, надаючи викладачеві нові можливості для творчого пошуку змістів, методів та засобів роботи. Використання ШІ допоможе створювати індивідуалізовані навчальні програми, підвищити ефективність навчання, збагатити навчальний процес. Інтеграція штучного інтелекту у сферу освіти – це тенденція, що може з часом суттєво змінити те, як ми вчимося і викладаємо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kisietov J. The practice of implementation of methods of problem-based training of mechanical engineers. International scientific conference " The current stage of development of scientific and technological progress '2023", No 25 on February 20, 2023, Pro Conference Org in conjunction with Sergeieva & Co, Karlsruhe, Germany, Pp. 3-4. Available at: DOI: 10.30888/2709-1783.2023-25-01-004.

2. Kisietov J., Kuklina O. Features of the information-management system for the preparation of bachelors in marine education Theory, practice and science. Abstracts of XXIII International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan. April 27-30, 2021. Pp. 400-405. Available at: DOI - 10.46299/ISG.2021.I.XXIII.

3. Кісєтов Ю. В. Самостійна робота в умовах дистанційного навчання інженерів-механіків: Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : XIV Міжнародна науковотехнічна конференція: матеріали. – Миколаїв : НУК, 2023. – с. 135–136.

4. Kisietov J. Using artificial intelligence in the process of training mechanical engineers. Conference proceedings "Modern systems of science and education in the USA, EU and other countries 2024", No 22 on January 21, 2024 / ProConferencein conjunction with KindleDP Seattle, Washington, USA: - Pp. 3-5. Available at: DOI: 10.30888/2709-2267.2024-22-00-007.

КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД ТА ЙОГО РОЛЬ У ПІДВИЩЕННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ МАЙБУТНІХ СУДНОМЕХАНІКІВ

Кононова О. Ю.
ВСП «Морський фаховий коледж Херсонської державної морської академії», (Україна)

Вступ. Стрімкий розвиток транспортної сфери, постійне зростання обсягів перевезень, поява нових видів транспорту та логістичних систем диктують потребу у кваліфікованих кадрах, здатних швидко адаптуватися до мінливих умов та впроваджувати інноваційні рішення. Інтеграція України до світового транспортного простору зумовлює необхідність відповідати міжнародним стандартам та вимогам до якості освіти та професійної підготовки фахівців.

Освіта в Україні крок за кроком прямує до інтеграції в європейську систему і має забезпечити високу якість професійної підготовки здобувачів освіти. Для цього необхідно модернізувати систему освіти, впроваджуючи компетентнісний підхід, оновити навчальні програми, вдосконалювати методику викладання, використовуючи сучасні технології.

Необхідна модернізації системи освіти не можлива без тісної співпраці з роботодавцями, що сприятиме кращому розумінню потреб ринку праці, адаптації навчальних програм до реальних завдань та практичної підготовки майбутніх суднових механіків. Сучасні роботодавці потребують фахівців з глибокими знаннями, практичними навичками, розвиненими комунікативними та управлінськими компетенціями, а також здатністю до самостійного навчання та прийняття рішень. Важливо включити до програм не лише теоретичні знання, але й практичні навички, а також дисципліни, що сприяють розвитку особистісних якостей та цінностей.

Стрімкий розвиток технологій, поява нових типів суден, посилення глобалізації та екологічні проблеми роблять роботу судномеханіка все більш складною та багатогранною. Тому в умовах мінливого ринку праці й нових вимог до фахівців, компетентнісний підхід є ключовим фактором у підготовці майбутніх судномеханіків. Цей підхід орієнтований не лише на засвоєння знань, але й на формування у випускників комплексу компетенцій, необхідних для успішної професійної діяльності [1].

Компетентнісний підхід ґрунтується не лише на засвоєнні знань, але й на формуванні у випускників комплексу компетенцій, необхідних для успішної професійної діяльності. Він орієнтований на те, щоб випускники не лише володіли знаннями, але й вміли їх застосовувати на практиці, співпрацювали з іншими членами екіпажу, ділитися знаннями та досвідом, вирішували проблеми, працювали в команді та спілкувалися. Володіння комплексом навичок та знань робить майбутніх фахівців конкурентоспроможними на ринку праці та дає їм можливість швидко адаптуватися до нових умов та вимог.

З компетентнісним підходом тісно пов’язаний модульний підхід. Він передбачає поділ навчальних програм на логічно завершені модулі, кожен з яких орієнтований на формування певної компетенції [2]. Це дозволяє чітко структурувати навчальний процес, зробити його більш гнучким та адаптивним до потреб здобувачів освіти. Кожен модуль містить практичні завдання, які допоможуть їм закріпити отримані знання та навички та навчитися застосовувати їх у реальних робочих ситуаціях.

Здобувачі освіти вивчають різні дисципліни, де знання, уміння та навички з різних галузей тісно взаємопов'язані. Так , наприклад, дисципліна «Суднові дизельні установки» дає фундаментальні знання про будову, принципи роботи, експлуатацію та ремонт суднових дизельних двигунів. Це основа для розуміння роботи інших суднових систем, що залежать від головного двигуна та вивчаються в інших дисциплінах. Дисципліна «Суднові допоміжні механізми, устрої та системи» – знайомить суднових механіків з різноманітними допоміжними механізмами, пристроями та системами, що

використовуються на судні, а саме: насоси, компресори, холодильні установки, електрообладнання, системи рульового керування, рятувальні засоби тощо. Вивчення цих систем дає розуміння їх взаємодії з головним дизельним двигуном та загальною судновою системою. Вміння, набуті під час вивчення дисципліни "Технічне обслуговування, ремонт суднових технічних засобів та основи охорони праці", необхідні для обслуговування та ремонту всіх суднових систем, включаючи дизельні установки, допоміжні механізми та системи автоматизації. Також вона знайомить з основами охорони праці під час роботи з судновим обладнанням, що є критично важливим для безпеки екіпажу та самого судна. Розуміння принципів роботи автоматизованих систем, що вивчаються в дисципліні "Основи автоматики та автоматизація суднових енергетичних установок", стає все більш важливим з огляду на зростаючу автоматизацію суднових систем.

Вивчення цих дисциплін в комплексі дає судномеханікам всебічні знання та навички, необхідні для успішної роботи на сучасних суднах. Але це не лише знання та вміння з технічних дисциплін, а й навички комунікації, командної роботи, прийняття рішень, управління часом, лідерства тощо. Ефективне управління часом є важливим для того, щоб майбутні фахівці могли виконувати свої завдання вчасно та якісно, вони повинні брати на себе відповідальність за прийняття рішень.

Для майбутніх суднових механіків є важливим також вивчення дисципліна «Англійська мова за професійним спрямуванням», оскільки це дає їм можливість спілкуватися з іншими фахівцями у цій галузі, розуміти технічну морську термінологію, отримувати завдання та виконувати свої обов’язки на борту судна. Вони повинні вміти чітко та лаконічно спілкуватися як усно, так і в письмовій формі, як з членами команди, так і з представниками інших служб. Крім того, англійська мова є міжнародною мовою комунікації у сфері морського транспорту, тому вона є ключовою для успішної кар'єри в цій галузі.

Важливим інструментом реалізації компетентнісного підходу є використання активних та інтерактивних методів навчання, які стимулюють самостійну діяльність здобувачів освіти, їхню зацікавленість та співпрацю, відповідальність, ініціативність, та креативність. За допомогою активних методів, таких як групова робота, дискусії, проєкти, мозковий штурм, рольові ігри тощо, здобувачі можуть краще засвоювати матеріал і розвивати навички, необхідні для успішного виконання завдань у майбутньому.

Здобувачі освіти більш мотивовані до навчання, коли вони бачать, як їхні знання та навички можна застосувати на практиці. Це допомагає їм краще зрозуміти матеріал та запам'ятати його. Вирішення різних професійних проблем допомагає майбутнім судномеханікам розвинути навички критичного мислення. На борту судна вони часто стикаються з непередбачуваними ситуаціями, які потребують швидкого та правильного прийняття рішень. Тому вони повинні вміти аналізувати інформацію, оцінювати ризики та обирати найкращі варіанти дій.

Навчання, що ґрунтується на реальних завданнях та ситуаціях – є важливим принципом компетентнісного підходу до підготовки судномеханіків. Це означає, що замість того, щоб просто вивчати теорію, майбутні спеціалісти мають можливість застосовувати свої знання та навички на практиці, вирішуючи реальні проблеми, з якими вони стикатимуться у своїй роботі. Наприклад, сучасні симулятори дозволяють судномеханікам відтворювати різні робочі ситуації в машинному відділенні судна, не ризикуючи власною безпекою та безпекою судна. Це може включати симуляції запуску та зупинки двигунів, обслуговування обладнання, реагування на аварії тощо. Робота над проєктами дає здобувачам можливість застосовувати свої знання та навички для вирішення комплексних проблем. Наприклад, проект може полягати в розробці плану обслуговування двигуна, дослідженні нової технології або аналізі причин аварії.

Проходячи стажування на діючих суднах майбутні фахівці мають можливість отримати практичний досвід роботи в реальних умовах. Це може включати виконання завдань під керівництвом досвідчених судномеханіків. Мета практичної підготовки

здобувачів освіти полягає у формуванні у майбутніх фахівців не лише теоретичних знань, але й практичних навичок, необхідних для успішного вирішення професійних завдань.

Зростання взаємозв'язків між країнами світу призводить до посилення конкуренції за робочі місця не лише на національному, але й на міжнародному рівні. Автоматизація та роботизація багатьох процесів призводить до скорочення потреби в людській робочій силі в деяких галузях. Зростання чисельності населення у працездатному віці також веде до посилення конкуренції на ринку праці. Тому, компетентні фахівці, які мають не тільки теоретичні, а й практичні знання, є більш конкурентоспроможними на ринку праці, що дає їм можливість швидко адаптуватися до нових умов та вимог. Вони здатні до ефективного обслуговування суднових систем та механізмів, несення вахти, бункеровки, обслуговування двигуна і допоміжних механізмів, захисту довкілля та вирішення проблем, які виникають під час експлуатації судна.

Зростання конкуренції повинно стимулювати майбутніх судномеханіків до безперервного професійного розвитку та підвищення кваліфікації, що дозволить їм оновлювати знання, навички та компетенції протягом всієї трудової діяльності. Адже судноплавна галузь постійно розвивається, тому судномеханіки повинні бути готовими до змін та вміти швидко адаптуватися до нових умов.

Висновок. Компетентнісний підхід до підготовки судномеханіків стає все більш актуальним у сучасному світі, де від фахівців очікують не лише знань та вмінь, але й здатності застосовувати їх на практиці, вирішувати складні проблеми та адаптуватися до мінливих умов. Вдосконалення професійної підготовки майбутніх фахівців морської галузі – це інвестиція в майбутнє України, яка сприятиме розвитку транспортної інфраструктури, підвищенню конкурентоспроможності економіки та забезпеченню безпечного та комфортного перевезення людей і вантажів.

Впровадження компетентнісного підходу до підготовки судномеханіків – це складний, але необхідний процес, який допоможе Україні виростити кваліфікованих та конкурентоспроможних фахівців, які зможуть успішно працювати в судноплавній галузі на світовому рівні..

ЛІТЕРАТУРА

1. Компетентнісний підхід у навчанні: сутність та впровадження: https://nus.org.ua/questions/zo-take-kompetentnisnyj-pidhid-u-navchanni-vidpovidaye-derzhavna-sluzhba-yakosti-osvity/.

2. Модульно-компетентнісний підхід у підготовці сучасного фахівця: https://nus.org.ua/questions/zo-take-kompetentnisnyj-pidhid-u-navchanni-vidpovidaye-derzhavna-sluzhba-yakosti-osvity/.

3. Kononova O. Formation of communicative competence of future ship engineers using critical thinking technologies based on the “World Café” method. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University Series “Pedagogy and Psychology*”. Vol. 9, No. 3. 2023, p/27-35. DOI: 10.52534/msu-pp4.2023.27.

4. Підопригора А., Хворостіна Ю., Острога М. Впровадження компетентнісного підходу у вищу освіту крізь призму світових освітніх практик. *Освіта. Інноватика. Практика,* 2022. Том 10, № 3. С. 44–50. DOI: 10.31110/2616-650X-vol10i3-005.

ФІЛОСОФСЬКІ АСПЕКТИ В СИСТЕМІ ОПИСУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Куклін В. М.
Харківський національний університет ім. В. Н. Каразина (Україна)
Сіренька А. В.
«Енергоекологія» (Україна, м. Харків)
Абрамов Г. С.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Показано, що процеси створення систем штучного інтелекту мають ще і важливі загально-цівілізаційні філософські аспекти. Це створення систем штучного інтелекту на основі логіки, основою якої є дискретна математика. Це теорія предикатів, гіперграфи, плани роботів, семантичні мережі, а також нечітка логіка. Також все більшу увагу привертає інший підхід, коннекціоністський (це нейронні мережі, графи обчислень), який вже турбує людство. Обговорюються особливості методології побудови таких систем.

1. Теорія предикатів, математична логіка. Створення цих теорій прийшлось на останні сторіччя, хоча формальна логіка викладалась в багатьох університетах, які фактично мали в навчальних програмах до початку XIX сторіччя релігійну тематику, де з важливих для прогресу наук вивчали практично тільки математику та логіку. Чомусь формалізувати логіку ніхто системно не наважився, поки за це не взялись французькі математики, і то насамперед завдяки прогресу в теорії множин. Але діло пішло швидко. Створена зусиллями Фрідріха Людвіга Готлоба Фреге та Джона Алана Робінсона, до яких долучився охочий до ризику молодий Жак Ербран, теорія предикатів швидко стала основою для розробки великої кількості систем знаходження рішень. Завдяки інтересу до цієї теми великої когорти їх послідовників заявилися і інші системи логічного аналізу.

Теорія предикатів була створена відповідно до традиційних математичних підходів. По перше, Г. Фреге (див. [1]) виключив імплікацію, щоб звести систему до двох зав'язків – диз'юнкції та заперечення або доповнення в одній кон'юнктивній формі теорії, де кон'юнкція пов'язувала всі предикати (речення) по замовчуванню (можна було в диз'юнктивній формі теорії використовувати тільки кон'юнкцію та заперечення, а диз'юнкція була по замовчуванню між всіма предикатами). При цьому з'явились труднощі з логічним висновком. Для того, щоб їх обійти прийшлось придумати процедуру резолюцій, яка еквівалентна імплікації.

Таким чином формула Фреге (виключення імплікації) дає змогу перевести факти, правили та цілі в речення однієї форми, одного вигляду. Це спрощує синтаксичні перетворення, – можна не зважати на сенс, семантику процедур.

Це також дозволило факти, правила та питання чи цілі записати в одному вигляді, що спростило всі операції. Тепер стало важко, навіть неможливо, відрізнити їх один від одного. С другого боку всі речення – предикати в глобальні бази даних (тепер важко було розрізнити бази даних фактів від баз знань-правил) записувалися зі зміною аргументів, так що кожний окремий випадок формалізувався таким чином, що всі діючі учасники логічного зв'язку стали непозначеними – анонімними. Це формує велику глобальну базу даних значної кількості вирішених задач та діючих учасників з їх відношеннями.

Таким чином різні ситуації, явища, процеси ми записуємо в вигляді набору простих речень, Потім всі конкретні значення змінних в предикатах заміняємо на формальні і переозначаємо їх так, щоб вони не співпадали. Це дає змогу описати світ, бо набір таких речень описує більш загальні випадки, де для переходу до конкретики треба підставити відповідні значення змінних. Це процес навчання машини, що важливо – якщо вводити

велику кількість начальних умов, це розширює «світогляд машини» – її глобальну базу даних.

Такий підхід при розширенні знань логічної системи про світ за рахунок розгляду безлічі сценаріїв давав можливість описати будь яку ситуацію. Треба було тільки знайти потрібні предикати та визначити змінні. Єдина проблема, яка заважала такій математичній ідилії, це великий об'єм роботи по створенню подібних глобальних баз даних.

Пошук відповідей на питання, – це оборотна дедукція, – від питань-цілей до аксіом-начальних даних. Краще всього використовувати для цього спростування на основі резолюції. Причому резолюція виводить нас (з використанням спростування цілі-питання) на тавтологію – а значить до пустої множини. Це неконструктивна теорема, доказ якої говорить, що відповідь є. Якщо в дереві спростування взяти тавтологію цілі-питання, то можна отримати чітку відповідь на питання. Це конструктивна теорема. Відповіді машини на питання також її вчать. Ясно, що доказ теореми в рамках теорії предикатів можливий, якщо вдасться звести задачу до кон'юнктивної форми теорії предикатів.

2. Нечітка логіка. Всі розуміли, що традиційна логіка, що оперує двома значеннями: істина та хибне, не відповідає всім можливим сценаріям відношень. Лотфі А. Заде вперше [2] ввів поняття «розпливчастих» (розмитих) множин − як множин, що мають різні градації ступеня приналежності до даного класу. Тут можна говорити про випадковість лише частково, хіба що лише з позицій невизначеності відносного рівня належності до даного класу.

Треба зразу сказати, що підхід Лотфи А. Заде, який створив цю логіку, мабуть не буде єдиним назавжди. Виникнуть мабуть і інші варіанти нечіткої логіки. Особливість такого підходу у тим, що кожний предмет, явище і навіть відношення може бути представлено з різних боків. У традиційній логіки це було неможливим. Цей підхід дозволяє вибрати якусь якість-сторону представлення низки предметів та явищ та сформувати логічну формулу, з якої можна зробити деякий висновок. Виберіть іншу якість, сторону та характер предметів та явищ буде інший логічний висновок. Проблема в тому що не просто звести всі ці логічні висновки до єдиного знаменника, не просто знайти єдиний критерій оцінки, що робить нечітку логіку Лотфі А. Заде [2] досить складною для інтерпретацій. Однак вже появилися нові варіанти запису-формалізації нечіткої логіки, так що процес, так би мовити, пішов.

В цієї логіки вводилися різні методи розрахунків, наприклад виду $\alpha + b \Rightarrow \max(a,b)$ або $\alpha \cdot b \Rightarrow \min(a,b)$. Розпливчаста множина A в X вводилася як сукупність пар, де $x \in X$,тобто $\mu_A(x)$ − функція, яка відображає X в *M*, де *M* − простір належності $M = [0,1]$. Задача оцінки (визначення) $\mu_A(x)$ на множині пар $\{x, \mu_A(x)\}$ − задача розпізнавання образів. Оператор розмиття (в оригіналі fuzzifier) розмиває кордони множини, створює не цілком певні образи. Замість «х менше 1 і більше 2» використовуємо «х приблизно знаходиться між 1 і 2».

Перетин множин може бути визначено в жорсткому значенні, наприклад, $\mu_{A\cap B} = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$, тобто $\mu_A(x)$ або $\mu_B(x)$, залежно від того що виявилося менше. Можливий перетин в більш м'якому значенні $\mu_{A\cap B} = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$, де залишається взаємна участь множин, $\mu_A(x)$ і $\mu_B(x)$. У структурі прийняття рішень зазвичай розглядається множина альтернатив і множина обмежень. Для альтернатив вводиться функція переваги (наприклад, виграш чи програш при її виборі). Зазвичай намагаються створювати симетрію по відношенню до альтернатив і обмежень, що полегшує прийняття рішень. Розпливчасте рішення можна вважати розпливчастою множиною в просторі альтернатив, як результат перетину альтернатив і обмежень. Повне рішення може бути представлене у вигляді диз'юнкції різних отриманих після аналізу характеристичних функцій. Способи переходу до чіткості − це зазвичай зважене середнє всіх характеристичних функцій, що зовсім не очевидно.

Алгоритми нечіткої логіки мають рішення в вигляді інтегральної характеристичної функції в інтервалі змінних (набір рішень), з яких користувача примушують вибрати таке, що відповідає евристичним, чи інтуїтивним його намірам. Формалістам тут не місце. Ця неоднозначність є результатом неминучого переходу від нечіткості до чітких значень (дефазіфікації). Таким чином перехід до чіткої форми з самого початку некоректно визначено, особливо якщо нема виражених екстремумів інтегральної (що є результатом обчислень) функції приналежності. Це означає, що рішення недостатньо визначено і потребує уточнення в структурі алгоритму. Правда, ніхто не визначає, як це можна зробити.

Другими словами, рішень може бути декілька і це не можна обійти, це особливість такого опису явищ. Тому треба зрозуміти, про що натякає ця система. Здається, що в таких способах опису вже закладено деяку свободу в формуванні рішень, яка, як можна помітити в нашому житті, дозволяє нам самим вибрати з форми представлення рішень таке, що нам, з певних причин, до вподоби. Система дає напрямок в вирішенні, в якомусь сенсі обмежує набір рішень, але не дає єдиного вірного рішення. Все як в нашому житті. Таких задач, які не в змозі сформувати єдине рішення набагато більше, ніж задач, які мають таке єдине рішення і мають доступний метод його знайти. Це особливість так званих неінтегрованих задач, що не мають єдиного рішення. як кажуть математики. Така ж особливість пошуку рішень (вже не єдиних) у нейронних мережах.

3. Нейронні мережі. Проблема організації процесів мислення у людини хвилювала вчених із давніх-давен. Так як більшість учених були віруючими людьми, то для них не було дивним, що мозок людини та її нервова система забезпечує управління всіма органами, а ось думки, як їм уявлялося, пов'язані з духовною, нематеріальною сферою. Оскільки за розумовий процес відповідав дух, то навіть природа появи розумних істот на планеті (виникнення другої сигнальної системи) не обговорювалася, тому що було поширене релігійне уявлення про виникнення світу [4]. Потрібно було детальне вивчення мозку, підключення до роздумів на цю тему математиків, а головне, – перші спроби створити коннективістські моделі мозку зі штучних нейронів [3], щоб розсіяти безтілесний туман духовності мислення. Дійсно, невелика кількість нейронів моделі виявилася здатною знаходити відповіді, тобто генерувати думку. Для безтілесного духу вже не було місця [5].

У сучасних нейронних мереж існує три ступеня формалізації. Перший це славнозвісні коди, другий – це мови, наприклад найбільш розповсюджена мова Piton. Третій – це бібліотеки, які крім даних та словників мають великий набір технологій. Коли вибираєш якусь технологію, то просто до неї звертаєшся, вона все робить сама. Замість сотень строк програми зостаються десятки. Причому складність програми з врахуванням бібліотек тільки зростає. Людство все більше переходить в розряд користувачів, бо все менш уваги звертається на основні формальні первородні знання та описи і використовують вже деривативи-довідники, дочірні структури. Основами наук цікавляться лише одиниці.

Дійсно, програмування нейронних мереж дуже спрощується. Другий аспект розвитку нейронних мереж – це матрична нотація, на вхід мережі подається зразу вектор з великою кількості компонент – цілий набір запитів, перетворення в масиві мережі йдуть у матричній формі, на щастя лінійній. Третій аспект – це використання механізму уваги, скажімо в технології трансформер, цей метод як і використання паралельних обчислень векторів та матриць за рахунок розвиненої технологій CUDA [6] на відеокартах, і самої матричної нотації значно прискорює обчислення. Кожний з цих методів: матрична нотація, паралельні обчислення на відеокартах та механізм уваги прискорює роботу сучасних мереж на порядок.

Не дивно, що все це дозволило перейти від керованого людиною машинного навчання, до глибокого навчання, яке реалізує вже сама мережа, яка набула нових якостей [7–9].

ЛІТЕРАТУРА

1. Подання знань і операції над ними; навчальний посібник. / В. М. Куклін. Х .: ХНУ 2019. 164 с.

2. Zadeh Lotfi A. Fuzzy sets / Lotfi A. Zadeh // Information and Control. 1965. Vol.8. P. 338 – 353; Fuzzy sets and systems // System Theory; Fox J, editor . Brooklyn, New York: Polytechnic Press, 1965. P. 29–39.

3. Вступ до методів організації та оптимізації нейромереж : навчальний посібник / І. В. Гущин, О. В. Киричок, В. М. Куклін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021 – 152 с.

4. Куклин В. М., Сиренька А. В., Абрамов Г. С. // Об эволюции приоритетов. / Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2021)». Херсон, 25–27 травня 2021, с. 335–338.

5. Kuklin V. M. On the question of the appearance of consciousness in neural networks/ Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна «Філософські перипетії». – № 68. – 2023.

6. Моделювання фізичних процесів із використанням технології CUDA/ В. Гущин І. В., Куклін В. М., Мішин О. В., Приймак О. В. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 116 с.

7. OpenAI. GPT – 4 technical report, 2023. arXiv preprint arXiv:2303.08774 [cs.CL] https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774.

8. Linda S Gottfredson. Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history, and bibliography, 1997.

9. Bubeckar S. Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT–4/ arXiv:2303.12712v2 [cs.CL] 24 Mar 2023.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Лазарєв О. В.
Український державний університет залізничного транспорту
(Україна)

Вступ. При реалізації цілей, таких як: розширення та поглиблення знань студентів, підтримка особистісного розвитку, формування життєвої позиції, освітнє середовище має реагувати на сучасні виклики. Виходячи з сучасних реалій треба швидко опановувати сучасні технології та застосовувати наявні платформи для організації дистанційного навчання. Це дасть змогу організувати навчальний процес якісно та чітко.

Актуальність досліджень. Навчання у сучасних умовах ускладнюється певними особливостями [1], що відмічається багатьма авторами:

– нездатність здобувачів до самоосвіти;

– невмотивованість здобувачів;

– недостатня комунікація в процесі дистанційного навчання: між викладачем та здобувачами освіти, студентів між собою;

– визначення чіткого регламенту часу на проведення on-line занять і самостійної роботи здобувачів освіти;

– індивідуалізація навчання;

– необхідність ідентифікації здобувачів освіти;

– рівень умінь щодо використання цифрових технологій;

– відсутність єдиної уніфікованої електронної платформи для навчання

Постановка задачі. Пояснення навчального матеріалу за допомогою цифрових технологій потребує певних умов, а контроль виконання завдань передбачає персоналізацію та допомогу. Дистанційне навчання передбачає доступ до Інтернету, технічне забезпечення (комп'ютер, ноутбук, планшет, смартфон тощо) в усіх учасників освітнього процесу, а також володіння викладачами технологіями дистанційної освіти [1].

Результати досліджень Реалізація дистанційного навчання в сучасних умовах вимагає підтримки достатнього рівня комунікації та зворотного зв'язку між усіма учасниками навчального процесу. Якщо нездатність здобувачів до самоосвіти та їх невмотивованість мають глобальний характер і важко піддаються коригуванню, то інші фактори можна значною мірою скоригувати. Так, комунікацію в процесі дистанційного навчання можна організувати у будь-яких месенджерах, рівень умінь щодо використання цифрових технологій можна підвищити на будь-яких дистанційних курсах, наприклад Cursera чи Прометеус.

Відсутність єдиної уніфікованої електронної платформи для навчання ускладнює роботу здобувачів освіти, оскільки в школі, як правило, користуються Google Classroom, у коледжі чи училищі, зазвичай, передають завдання через месенджери, в університетах використовуються різні платформи.

В Українському державному університеті залізничного транспорту застосовується навчальна платформа Moodle для роботи здобувачів освіти в асинхронному режимі. В Moodle можна розміщувати лекції, практичні заняття, лабораторні роботи у вигляді елементу «Урок». Цей елемент «Урок» можна наповнювати як текстом, так і відео та ілюстраціями. У кожному «Уроці» навчальний матеріал можна розбити на декілька порцій. Між порціями можуть бути розташовані питання на закріплення попередньої порції матеріалу. Зручним також є елемент «Тест», який дозволяє застосовувати декілька видів запитань, у тому числі відкритого типу та есе.

Перевагою платформи Moodle є наявність журналу оцінок, в якому здобувач освіти може бачити динаміку своєї оцінки [2]. В той же час, навчальна платформа Moodle має певні недоліки, як то:

– складність роботи з таблицями та зображеннями;

– запитання з «Уроків» не можливо під’єднати до банку питань з метою використання в інших тестах.

Але в цілому це прийнятна навчальна платформа, що забезпечує необхідними матеріалами.

Висновок. Задоволення потреб та очікувань суспільства відносно «ґрунтовної трансформації моделей співпраці» [3] може бути реалізоване на основі втілення сучасних освітніх платформ, гнучкого використання різноманітних методів заохочення та підтримки студентів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гнатюк О. В. Дистанційне навчання: проблеми, пошуки, виклики https://lib.iitta.gov.ua/728350/1/%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82.pdf.

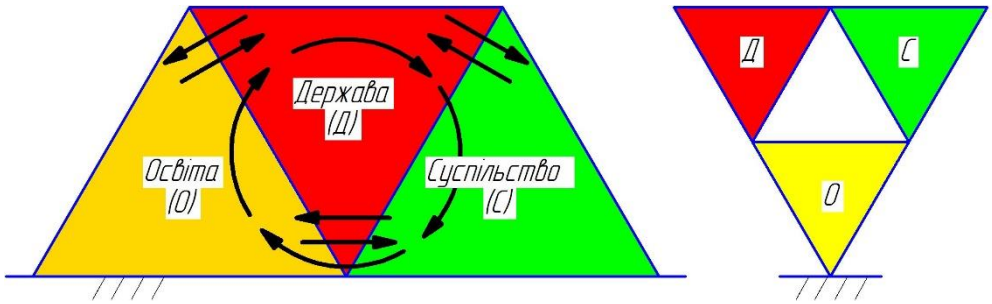
2. Дистанційний курс з дисципліни на платформі Moodle https://do. kart.edu.ua/course/view.php?id=11109.

3. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (ESG). – К.: CS Ltd., 2015. – 32 p.

ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОСВІТИ УКРАЇНИ

Проценко В. О.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

Освіта (О), суспільство (С) та держава (Д) повинні утворювати складну систему, основною вимогою до якої є стійкість, що забезпечується обміном інформації, енергії (у вигляді взаємних впливів та фінансових потоків), взаємним моніторингом та контролем (рис. 1, а). Суспільство та освіта є фундаментом і забезпечують існування держави.



а) б)

Рисунок 1 – Схема системи Держава-Суспільство-Освіта: ідеальна (а) та реальна (б)

Суспільство своєю працею має забезпечувати функціонування економіки (наповнення бюджету), своєю свідомістю та мотивованістю обороноздатність держави, публічність дій влади, функціонування правової системи держави та освіти.

Освіта через підготовку фахівців забезпечує наявність кваліфікованого персоналу що може виробляти якісний продукт, зокрема зі значною доданою вартістю, а також формує національну свідомість суспільства, мотивацію до захисту, до зміни кожною особистістю самої себе, суспільства, освіти та держави, загальний інтелектуальний потенціал.

Держава забезпечує прийняття законів, що регулюють функціонування суспільства та освіти.

Враховуючи період зміни поколінь (20 років), освіті має бути приділена значна увага.

У будь-якому варіанті завершення війни Україну спіткає демографічна криза, причини якої є зрозумілими. Демографи закликають враховувати хвилю міграції в Україну, в т.ч. з росії. Росія впливає і готується продовжувати впливати на майбутнє українського суспільства шляхом поширення своїх наративів на українську молодь, зокрема через культурний простір (серіали, музика, компьютерні ігри і т.д.). Коли ця молодь набуде прав обирати, матимемо новий цикл виникнення і інвазії у владний простір держави проросійських партій і т.д., а відтак новий цикл згубного впливу на суспільство та освіту.

З огляду на це приходимо до висновку, що в Україні необхідне запровадження правової категорії негромадян, які не матимуть можливості обирати та бути обраними. Всі школярі мають здавати іспит на громадянство, що передбачає перевірку досконалого знання державної мови, історії, культури, основних законів. Слід передбачити систему заохочення до набуття громадянства шляхом забезпечення перференцій для громадян у соціальній сфері, зокрема набуття якісної освіти, та навпаки обмеження прав та можливостей негромадян. Така норма може здатись непопулярною, але це один з методів забезпечення довгострокового виживання нашої Держави.

Що стосується сучасної вищої технічної освіти, то вона перебуває у стані пострадянської хворобливої нестійкості (рис. 1, б). На освіту здійснюється тиск, обумовлений як зовнішніми так і внутрішніми факторами. Застосувавши механічну аналогію, проаналізуємо ці фактори, умовно розділивши їх на перекидні та утримуючі

(рис. 2, табл.). Перекидні фактори позначені непарними числами, утримуючі – парними. Поряд із номером проставлена буква (О, С, Д), що позначає джерело його виникнення.

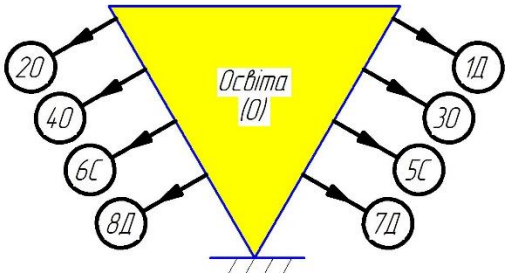


Рисунок 2 – Схема дії факторів, що впливають на стан системи освіти в Україні

Таблиця – Основні фактори, що впливають на стан системи освіти в Україні (застосовно до технічної освіти)

«Перекидні фактори»		***«Утримуючі фактори»***	
№	***Назва***	***№***	***Назва***
1Д	Відсутність державного регулювання взаємодії освіти та виробництва.	2Д	Постулат про те, що в державі має існувати освіта.
3О	Відсутність системи контролю якості роботи викладачів. Критерієм якості роботи викладача фактично визначена тільки його відповідність ліцензійним вимогам Недоброчесні викладачі мають можливість прикриватись своєю відповідністю вимогам і працювати як самі захочуть.	4О	Свідомі викладачі розуміють свою відповідальність перед студентами та виконують свою роботу чесно та відповідально. Кількість таких викладачів зменшується.
5С	Інфантильність та незрілість студентства та їх батьків обумовлює відсутність контролю та коригування роботи системи освіти з боку суспільства.	6С	Інертність суспільства також породило твердження, що вищу освіту здобувати «треба». Розуміння того, що рівень української освіти низький сприяє освітньому туризму.
7Д	Розмивання спрямованості конкретних ЗВО. Керування технічними ЗВО не фахівцями в галузі техніки та технологій із відповідними наслідками.	8Д	Формалізм у підходах підготовки наукових кадрів та працевлаштування їх у ЗВО.
9О	Підміна змісту освіти формами. Бюрократизація освітнього процесу.	10О	Толерантність освітньо-наукової спільноти до деструктивних тенденцій в освіті.
11С	Незацікавленість абітурієнтів отримувати освіту запропонованого змісту. Виїзд абітурієнтів за кордон для отримання освіти.	12О	Наявність адміністраторів зацікавлених у наявному змісті освіти.
13Д/О	Відсутність достойної оплати праці викладачів та системи їх заохочення. Відсутність меритократичного підходу до підбору кадрів.	14О	Інертність викладачів у зміні сфери діяльності.
15О	Вимивання професійних кадрів з системи освіти з природніх причин: виїзд за кордон, перехід на іншу роботу. «Замулення» системи освіти пристосуванцями. Система заохочення кращих з кращих для роботи в освіті та механізм усунення баласту відсутні.	16О	Прихід в освіту молоді дійсно налаштованої на чесну і відповідальну роботу (незначний).
17О	Нестабільність вимог до навчальних програм та планів, постійні інновації заради інновацій з боку міністерства.		

Наведений в таблиці перелік факторів звичайно неповний, а їх характеристика недосконала, але їх кількість в лівій колонці однозначно є більшою, що і визначає усвідомлення автором і багатьма іншими колегами по технічній освіті неоптимістичного вектору зміни її стану. Якщо говорити про підготовку інженерів, то неможливо приготувати пиріг з усіма видами начинки, так підготувати технічного фахівця, який би був одночасно знавцем політології, соціології і т.ін. неможливо. Рівень загальної культури особистості має забезпечуватись за рахунок читання літератури, до чого слід привчати у період формування особистості, тобто під час шкільного навчання, що має також стимулювати і дітей і батьків введення іспиту на громадянство. Особистість, що має широкий кругозір, в згаданих гуманітарних питаннях за бажання може розібратись самостійно і без значних зусиль. Для підготовки інженера кожної галузі є давно відомим перелік дисциплін, які треба вивчати, і компетентностей, яких треба досягти, виконуючи конкретні практично спрямовані завдання. Зменшення кількості годин на один кредит призвело до зменшення обсягу аудиторної роботи студентів, що, разом з діючими вимогами МОН до освітніх програм призвело до того, що навчальні плани повняться великою кількістю карликових дисциплін, нерідко притягнутих «за вуха» лоббістами всередині ЗВО, що, як показує досвід, якості підготовці інженерів не додає.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що система освіти потребує удосконалення за рахунок, на першому етапі, регулювання з боку держави, та забезпечення механізмів зворотнього зв'язку та саморегуляції.

Крім іспиту на громадянство, на думку автора, в першу чергу треба запровадити:

– квотування залучення на виробництво з іноземним капіталом українських фахівців усіх рівнів, що призведе до забезпечення працевлаштування випускників, підвищення рівня технічної освіти за рахунок ознайомлення з сучасними технологіями;

– створення і реалізацію програми підтримки учнів для навчання і роботи в українській промисловості. Держава має бути зацікавлена у якісному навчанні та працевлаштуванні своїх громадян і заохочувати їх до прийняття важливих для неї рішень;

– забезпечення незалежного оцінювання викладачів студентами та адміністрації ЗВО викладачами. Цей захід сприятиме «очищенню рядів» виклацького корпусу, протидіятиме корупціонерам та ректорам-автократам;

– відмова від квот на гуманітарну складову в освітніх програмах інженерних спеціальностей. Інженер має вчитись інженерній справі, все інше є самообманом.

Блок-схема одного зі шляхів реалізації деяких із запропонованих заходів, розроблена автором, наведена в [1].

ЛІТЕРАТУРА

1. Проценко В. О. Алгоритм реалізації компетентнісного підходу при підготовці фахівців з експлуатації суднових енергетичних установок / В. О. Проценко, В. О. Настасенко // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: ХДМА. – 2014. – № 2(11) – С. 113–121.

ВПРОВАДЖЕННЯ МАРШРУТНИХ ЗАДАЧ ПРИ ВИКЛАДАННІ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА» ДЛЯ СУДНОВОДІЇВ

Пустова Світлана, Макарчук Дмитро
Херсонської державної морської академії
(Україна)

Вступ. У зв'язку з впровадженням компетентнісного підходу в освітній процес Херсонської державної морської академії постійно відбувається пошук інноваційно-нових технологій для вивчення та засвоєння професійних компетенцій, які будуть служити фундаментом для апробації знань на практиці. Як наслідок – для ефективного викладання освітньої компоненти «Екології та охорона навколишнього середовища» у судноводіїв необхідно запроваджувати нові та удосконалювати вже існуючи методи навчання, тому що у сучасному світі транспортна галузь вимагає від фахівців не лише знань, але й практичних навичок для ефективного вирішення складних завдань у морі.

У цій доповіді розглянемо впровадження маршрутних задач, які сприяють покращенню процесу викладання та формування професійних компетентностей, спрямованих на покращення якості підготовки судноводіїв та забезпечення ефективного запобігання забрудненню морського середовища. Завдання доповіді – висвітлити значення та переваги впровадження маршрутних задач при викладанні освітньої компоненти «Екологія та охорона навколишнього середовища» у судноводіїв та їх рішення на конкретних прикладах.

Традиційно, освітній процес відбувався за допомогою лекцій, підручників та викладачів-практиків. Однак, ці методи мають свої обмеження, такі як недостатня взаємодія зі здобувачами вищої освіти та важкість у засвоєнні матеріалу.

На думку, Бистрова Ю. В., поняттям «інноваційні методики викладання» є полікомпонентним, оскільки об’єднує всі ті нові й ефективні способи освітнього процесу (здобуття, передачі й продукування знань), які, власне, сприяють інтенсифікації та модернізації навчання, розвивають творчий підхід і особистісний потенціал здобувачів вищої освіти. [1] Тобто це використання останніх трендів освіти для викладання та навчання, але зосередження йде на здобувачах вищої освіти, що заохочує їх до співпраці з викладачем. Здобувачі вищої освіти на заняттях починають більше працювати ніж викладач, що спонукає їх краще готуватися, швидше розвиватися, креативно мислити, як наслідок формуються необхідні компетентності, на відміну від традиційних методів викладання.

Починаючи з 2019 року, під час пандемії, а потім у зв’язку з політичним становищем в Україні відбувся перехід від звичайних занять до онлайн-занять та гібридного навчання. Тому перед екраном своїх ноутбуків здобувачі вищої освіти займаються чимось іншим, відточуючи лише навик зосередженості. Тому кожен викладач намагається дозволити здобувачам вищої освіти більше залучатися до освітнього процесу, знаходячи різні підходи та інноваційні методи навчання. Орієнтація відбувається на результат. Наприклад, симуляційне навчання дозволяє вирішувати складні завдання та приймати рішення в умовах, які можуть зустрітися у реальному житті. Це сприяє розвитку практичних навичок та підвищує готовність до роботи на суднах. Тому постало питання об’єднати ці методи та впровадити цікаві завдання наближенні до реальних завдань на судні.

Маршрутні задачі дозволяють здобувачам вищої освіти не лише засвоювати теоретичний матеріал, але й розвивати навички, які вони зможуть використовувати у реальних ситуаціях на морі. А електронні освітні платформи та веб-семінари надають можливість доступу до матеріалів навчання у будь-який час та з будь-якого місця, що особливо важливо для судноводіїв, які здійснюють довгі рейси. Вони сприяють

інтерактивному навчанню, включаючи тести, відеоматеріали та форуми для обговорення. Отже, здобувачі вищої освіти постійно активно залучені до освітнього процесу, що створює можливості для самостійного вивчення та розвитку.

У Херсонській державній морській академії створена електронна освітня платформа Moodle на її базі було розроблено у 2022 році, к.т.н., к.д.п., завідувачем кафедри судноводіння Макарчуком Д.В. та старшим викладачем кафедри управління судном Пустовою С.М., курс «Екологія та охорона навколишнього середовища» для здобувачів вищої освіти спеціальності: 271 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізація 271.01 «Навігація та управління морськими суднами» який включає в себе: відео лекції, презентації, завдання, маршрутні задачі та тести.

Відео лекції та презентації – це теоретичний матеріал. Завдання та тести – перевіряють знання матеріалу курсу, а саме уміння рішення маршрутних задач визначає рівень засвоєння практичних навичок з дисципліни. А згідно компетентністного підходу кожна дисципліна повинна формувати саме професійні навички, у нашому випадку це знання та вміння застосовувати основні правила Міжнародних та Національних конвенцій для запобігання забрудненню навколишнього середовища з судів, так як рішення таких задач показують рівень застосування знань на практиці.

Маршрутна задача включає реальний маршрут на протязі якого необхідно виконувати правила Міжнародних конвенцій (МК), щоб запобігти забрудненню навколишнього середовища (рис. 1).

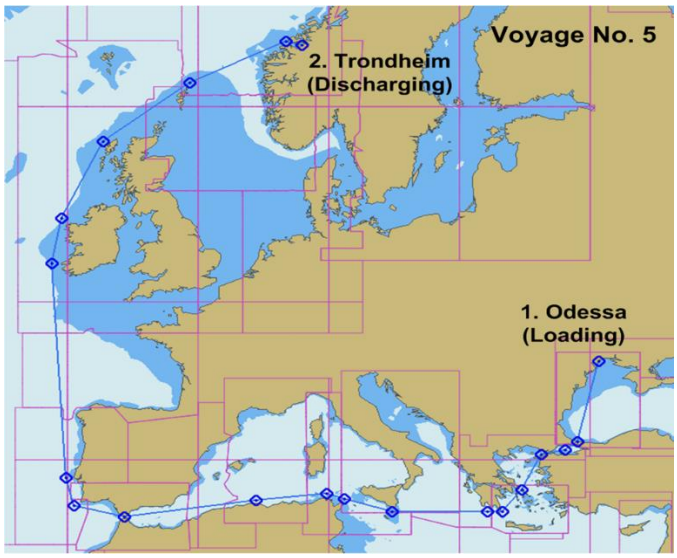


Рис.1 – Маршрут рейсу

Згідно маршруту за схемою необхідно позначити зони скидання або заборони скидання шкідливих речовин також перехід на легке паливо та райони заміни баласту у разі потреби, згідно з правилами МК.

Задача полягає в об'єднанні маршруту рейсу з відповідною схемою оцінки екологічних норм згідно з правилами МК. Для цього потрібно, а саме:

1. Аналіз маршруту рейсу:

✓ Визначення точок зупинок та маршруту судна.

✓ Врахування регіонів, де передбачається скидання шкідливих речовин у море або заборона скидання.

2. Оцінка зон для скидання або заборони скидання:

✓ Позначення на мапі маршруту рейсу зон, де дозволено скидання шкідливих речовин відповідно до вимог МК.

✓ Позначення на мапі зон, де скидання шкідливих речовин заборонено.

3. Розробка схеми оцінки екологічних норм:

✓ Створення схеми оцінки, яка відображатиме рівень допустимих скидань

шкідливих речовин у відповідних зонах вздовж маршруту рейсу

✓ Врахування типів шкідливих речовин, їх концентрації та інших параметрів, які регулюються МК.

4. Перевірка відповідності:

✓ Перевірка схеми оцінки екологічних норм на відповідність вимогам МК МАРПОЛ 73/78.

✓ Коригування схеми, якщо потрібно, з урахуванням встановлених норм та вимог.

5. Документування результатів:

✓ Підготовка документації, яка відображатиме маршрут рейсу разом з схемою оцінки екологічних норм згідно з МК.

Маршрутні задачі можна виконувати на практичному занятті з викладачем закріплюючи лекційний матеріал. Можна розділити здобувачів вищої освіти на індивідуальні групи, дати час на вирішення задач, потім кожна група презентує свою відповідь, результатом є обговорення та визначення правильних результатів. А виконуючи такі задачі самостійно здобувач вищої освіти може постійно перевірити свої знання повертаючись до теоретичного матеріалу, що дає можливість пройти курс самостійно при цьому сформувати усі необхідні уміння та отримати знання необхідні для роботи у морі, що дужу актуально в наш час.

Рішення таких задач має низку переваг і є дуже ефективним для формування професійних компетентностей згідно з Кодексом ПДНВ: частина А, Глава II – Капітан та палубна команда A-II/1-5, також виконання правил МК під час реального рейсу допомагає зберегти морське середовище, запобігаючи забрудненню води та повітря від суднових скидів, допомагає зменшити ризики для здоров'я та безпеки екіпажу та пасажирів, оскільки мінімізується можливість отруєння чи інших негативних наслідків від забруднення також сприяє сталому розвитку суднового транспорту та морських перевезень, оскільки покликане зберегти навколишнє середовище для майбутніх поколінь, дозволяє суднам та їхнім екіпажам дотримуватися міжнародних стандартів та норм, що сприяє підтримці репутації та дозволяє уникнути штрафів та санкцій та додаткових витрат на ремонти та відшкодування збитків, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища, сприяє міжнародному співробітництву та спільним діям у сфері охорони довкілля, що може призвести до розвитку нових ініціатив та програм для покращення екологічної безпеки на морі.

Впровадження маршрутних задач є важливим кроком у покращенні якості навчання та підготовці фахівців у сфері морського транспорту тому що передбачає поєднання навчання з теоретичних знань з практичними вправами та ситуаціями, що моделюють реальні умови роботи та спрямоване на досягнення конкретних результатів, які відповідають потребам ринку праці та вимогам транспортної галузі. Рішення маршрутних задач передбачає використання інтерактивних методів навчання, таких як симуляції, проекти, вирішення кейсів та спільна робота над завданнями. Змінилася і сама система оцінювання, що тепер базується на реальних показниках успішності та враховує не лише знання, але й уміння та навички здобувачів вищої освіти, сприяє розвитку лідерських якостей та здатності до самостійного прийняття рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бистрова Ю. В. Інноваційні методи навчання у вищій школі України / Ю. В. Бистрова // Право та інноваційне суспільство. – 2015. – №1 (4). – С. 27–33.

2. MARPOL 73/78. Consolidated Edition. – London: IMO, 2002. – 511 p.

3. Міжнародний Кодекс про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1995 року з Манільськими поправками 2010 (International Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping Code (STCW-95) with Manila Amendments 2010).

4. IMO – MODEL COURSE 1.38 – Marine Environmental Awareness (2011). London : IMO, MEPC.

СЕКЦІЯ:

ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ «ЗЕЛЕНОГО» ТРАНСПОРТУ: ДЖЕРЕЛА ТА НАКОПИЧУВАЧІ ЕНЕРГІЇ, НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ, БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

SECTION:

IMPLEMENTING “GREEN TRANSPORT”: ENERGY SOURCES AND STORAGE DEVICES, LATEST MATERIALS, OPERATIONAL SAFETY

APPLICATION OF ENERGY STORAGES ON SUBURBAN ELECTRIC ROLLING STOCK

Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A.
Ukrainian State University of Railway Transport
(Ukraine)

Introduction. The use of energy storage both on the railway network and in electric rolling stock is an effective way to save energy resources and protect the environment [1]. The need for such a device is especially felt in suburban railway transport, where acceleration and braking modes are often switched.

Relevance of the research. The most common types of drives are [2, 3]:

– electrochemical, based on the following types of batteries. They provide long-term storage of accumulated energy and have acceptable weight, size and cost indicators. But, the process of charging them is quite complex and lengthy;

– capacitor, based on supercapacitors – ionistors. Such drives have good weight, size and power characteristics. However, they have a fairly high cost;

– mechanical, based on rotating flywheels. Their main advantage is their high power density, with small weight and size parameters. The main disadvantage is the high energy leakage during long-term storage;

– pneumatic, based on compressed air cylinders, a compressor and an air motor.

The storage of inertial electromechanical energy storage is a promising energy saving technology [4]. Such energy storage makes it possible to utilize the galvanized energy of transport vehicles, and then use it for high-speed trains, ensuring a very effective energy-saving system.

Formulation of the problem. An important problem when operating a system with an energy storage device is the need to ensure a controlled flow of power between the traction electric motor and the inertial energy storage device at counter-changing speeds of electromechanical devices in the generator and motor modes of their operation.

Research of the results. An inverted DC electric machine with a semiconductor switch and excitation from permanent magnets is adopted as an electromechanical energy conversion system. A rotating inductor is an alternating-pole magnetic system.

To make the device compact, the electromechanical energy converter is placed inside a cylindrical rotor. The storage device stores energy when the electromechanical energy conversion system operates in engine mode and the rotor speed increases. And it produces energy when the system switches to generator mode and the rotor speed decreases.

The inertial energy storage device considered in this work assumes its operation when operating in the "braking – parking – acceleration" cycle. To do this, in the traction drive system of an electric rolling stock with a storage device, it is necessary to use a DC-DC converter that is capable of providing a voltage difference at the terminals of the traction motors and the storage device in order to maintain the power current of the circuit (Figure 1).

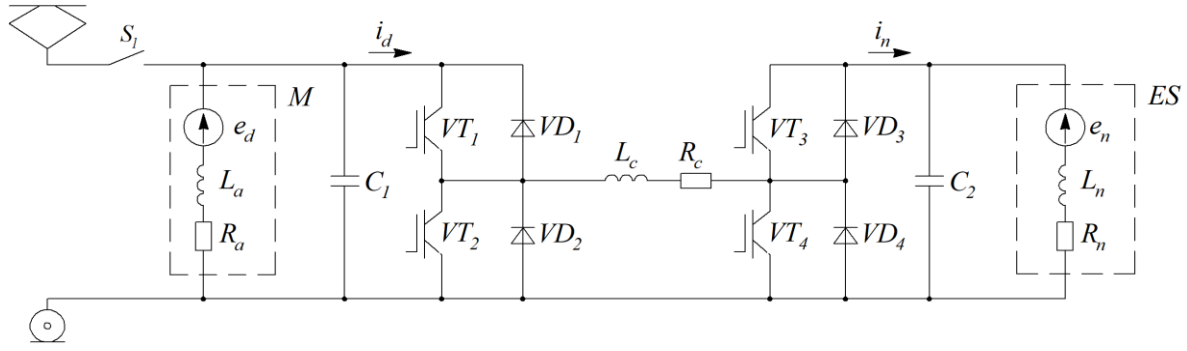


Figure 1 – Schematic diagram of connecting a drive with a DC-DC converter

In Figure 2 shows a diagram of the placement of equipment on electric rolling stock.

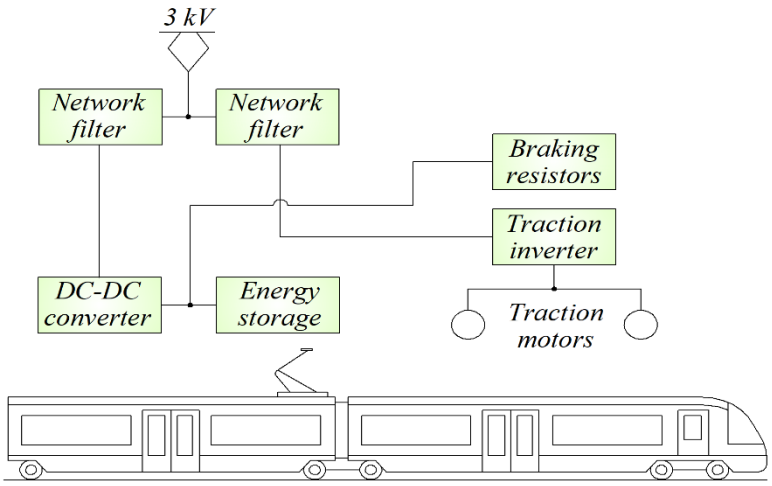


Figure 2 – Layout of traction equipment on electric rolling stock

A special feature of this electric train scheme is that its traction electric drive system provides an energy storage device, which must store kinetic energy in braking mode in order to subsequently release it through the traction circuit when the train accelerates.

The traction drive, consisting of two identical traction units, receives power through protection equipment from one of the two pantographs. The traction unit contains two circuits connected in parallel - traction and storage. Each of the converters of these circuits has a direct connection to the traction network through an input filter. This electric drive circuit makes it possible to use current coming from both the contact network and the energy storage device for traction. During recuperation, braking energy can be returned to the contact network and at the same time stored in an accumulator. The distribution of the flow of electrical energy to the drive and storage occurs due to the parallel connection of a traction inverter and a reversible converter, which ensures two-way current flow. This can be realized by a special control system, which will eliminate the flow of energy from the contact network to the storage device during recovery, and its outflow from the storage device to the contact network in traction mode.

Conclusion. The considered storage device utilizes about 60 % of the braking energy of electric rolling stock. Up to 47 % of this energy is reused during train acceleration. As a result, up to 28 % of energy is saved in each "braking – parking – acceleration" cycle. This percentage depends on the parameters of the energy storage device itself, its interaction with the traction drive, as well as the utilization factor.

REFERENCES

1. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Improving the energy efficiency of traction power supply systems by means the implementation of alternative power sources. *26th International Scientific Conference Transport Means 2022*. 2022. Part I. P. 459–464. DOI: 10.5755/e01.2351-7034.2022.P1.

2. Venugopal E., Sivakumar P., Raghul A., Priyadharshini R., Indhumathi C., Parthasarathy E. A review of electrical energy storage system. *2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*. 2023. P. 1940–1945. DOI: 10.1109/ICACCS57279.2023.10112865.

3. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Research of operating modes and features of integration of renewable energy sources into the electric power system. *2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. 2022. P. 133–138. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969337.

4. Yip J., Santoso S., Garcia M., Pierre B., Kutanoglu E. Optimal mobile energy storage pre-placement for black-start restoration. *2022 IEEE Electrical Energy Storage Application and Technologies Conference (EESAT)*. 2022. P. 1–5. DOI: 10.1109/EESAT55007.2022.9998030.

RESEARCH OF CHANGES IN THE STRUCTURE OF TUNGSTEN, WHICH TAKE PLACE AT HIS APPLICATION IN THERMONUCLEAR REACTORS

Prokhorenko E. M.[1], Lytvynenko V. V.[1], Manuilenko O. V.[2,4], Pavlii K. V.[2], Zajtsev B. V.[2], Soshenko V. A.[2],. Butenko V. I.[2], Prokhorenko T. G. [3]

[1]Institute of Electrophysics and Radiation Technologies NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
[2]NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology", Kharkiv, Ukraine;
[3]Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
[4]V.N.Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Introduction. One of perspective directions of development of the power settings are the nuclear power settings and thermonuclear power settings. Presently, the nuclear power plants already are widely used, and thermonuclear reactors are in the stage of development. Therefore, questions about the creation and improvement of these installations remain relevant. Their environmental safety is also important. In the case of failure on nuclear reactors, long-lived radionuclides may be released into the environment. Therefore, the issue of materials that are used in the creation of nuclear and thermonuclear power plants is very acute.

When operating these installations, the main critical factors that affect the material of the first wall are: a) high temperature (>1200 K) and intense thermal exposure; b) radiation exposure from beams of various charged particles; c) radiation exposure from nuclear fusion products [1]. As a result of the influence of all factors, the following occurs: a change in the material of the reactor wall; point melting of the material and its spraying into the chamber; softening of the material. All this contributes to the destruction of the material of the first wall, contamination of the reactor chamber with drops and pieces of material. This reduces the purity of the plasma and the efficiency of work of thermonuclear reactor.

During operation of a thermonuclear reactor, the material of the first wall is irradiated with fast neutrons (14.2 MeV, ~2 dpa), various products of nuclear fusion. The streams of ions of helium with different energies and different intensities appear [2]. As a result the structure of crystal grate changes in materials, which cause the change of descriptions of materials and their destruction also.

Various materials are used to create nuclear and thermonuclear reactors. These can be refractory materials, ceramics, and various composite materials. The main parameters that are taken into account materials for the first wall of thermonuclear reactors are: the melting point of the material and its resistance under the radiation influence of nuclear fusion products. The tungsten is one of the refractory metals.

Purpose of work. The purpose of the work was to determine how the strength characteristics change of tungsten when exposed to high temperatures, nuclear fusion products and ionizing radiation of various natures.

Experimental part. It should be noted that tungsten has several important advantages over other materials. Tungsten has a high melting point. Tungsten is durable at high temperatures. Tungsten has high residual strength after cooling. Tungsten has high thermal conductivity and low erosion coefficient. Tritium is poorly retained in tungsten. Consequently, it meets the basic requirements that apply to the materials of the divertor or the first wall of a thermonuclear reactor.

During the operation of nuclear reactors, the condition of its materials is constantly monitored. However, in the case of studying samples from real reactors, questions of residual radioactivity arise. Also, these studies are carried out after the operation of the reactor. But you need to have information before building the reactor. In reality, the effects of changes in materials of reactors occur over a long period of time. All these reasons significantly complicate the analysis of the structure of materials.

Therefore, it is advisable to use modeling of the state of the reactor walls. To do this, beams of infected particles can be used. One of the most effective methods is the use of beams of ions of helium. The following arguments are in favor of this: exposure to ions of helium leads to strong defects of grate, helium is slightly dissolves in tungsten, and work with radionuclidess can be avoided. And the most important advantage that for short time, possibly, to get such changes of crystalline grate, which in the real terms can be achieved for a several years.

A helium ion accelerator was used to irradiate the samples. Its parameters: pulse current 700 μA, pulse length 500 μs, average current 500 μs, repetition frequency 2…5 imp./s, current density $(0.15…0.44)\times10^{13}$ part./cm^2. The accelerator can produce ion beams with energies of 0.12 MeV (in injection mode) or 4 MeV (in acceleration mode). The use of this accelerator made it possible to conduct experiments in both “cold” and “hot” modes. The “cold” mode makes it possible to study damage and disturbances of structure surfaces of tungsten that arose as a result of radiation exposure. In this case, the thermal effect is not taken into account. Damage to the surfaces of tungsten that occurs as a result of thermal exposure is studied separately.

During the irradiation of samples of tungsten, several processes are possible. One of them is the process of ion implantation. This process increases the strength of the surface layer. The second process is the destruction of the surface due to an increase in of defects of grate. With prolonged irradiation of samples of tungsten, the “specularity” of the surface changes and “peeling” occurs. In this case, several effects operate on the surface of the sample. This can be flecking and blistering. Also, tungsten filaments – “fuzz” – appear on the surface. The appearance of fuzz occurs due to the squeezing out of helium ions from the surface layer of tungsten. Atoms of tungsten are squeezed as helium ions escape. All this disrupts the structure of grate.

Changes in the structure of grate result to the appearance of defects in the material. As defects increase, the characteristics change of the surface of tungsten. Therefore, it is necessary to study the processes of origin of various defects and the dynamics of their development. Based on these results, we can determine the resistance of tungsten under irradiation.

The tungsten with high purity used for research. Samples with a purity of 99.5% (W -1) and 99.7% (W -n) were studied. At the first stage, samples with a purity of 99.5% (W -1) were studied. Since the amount of additives is very small, we can assume that the grate of tungsten has only a small number of disturbances structural that are associated with impurities. A beam with energy of ion of 4 MeV was used for irradiation. When irradiating of tungsten (ions of helium with an energy of 4 MeV), it was found that: the radiation dose was $1{,}62\times10^{18}$ ion/cm^2, and the radiation damage dose was 8.19 dpa. A thermonuclear reactor must operate for several years, to get such radiation damages.

When determining the degree of damage of surface of sample, it is necessary to know several characteristic parameters. The values of energy losses and the depth of damage were determined [3]. The structure of grate of material changes along the path length of ions of helium.

As a result of influence of ions of helium, tungsten ionizes, phonons are formed, vacancies appear, and segregation (redistribution) of atoms occurs. Graphs of changes in these characteristics are presented in Fig. 1.

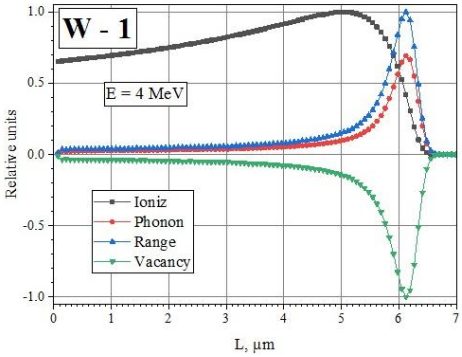


Fig. 1 – Graphs of changes in ionization, photons, vacancies depending on depth.

It was found that a maximum of ionization is on the depth of 5 μm. When exposed to a beam of helium ions, phonons and vacancies are formed. They are located on the depth of 6 μm. It should be noted that the process of ionization works from the beginning of surface of sample, to depths of 6.4 μm. The processes of formation of phonons and vacancies occur only in a narrow range of depths of material. The interval of these processes is from 5 μm to 6.4 μm. All these processes are limited by the mean free path of ions of helium in tungsten.

Changes in the lattice structure will also occur at greater depths when materials with lower density or tungsten with poorer purity are used. Thus, we can determine important characteristics that allow us to calculate: the wear rate of the material surface, the depth of destruction. Based on these values, knowing the thickness of the material of the first wall, it is possible to calculate how long the deterioration and destruction will occur. Consequently, as a result of experimental studies and numerical modeling, we can make a prognosis on the terms of exploitation of the first wall of thermonuclear reactor.

Conclusion

1. Executed work on the selection of material for the first wall of thermonuclear reactor.

2. Experimental work was carried out on irradiating of samples of tungsten (purity 99.5%) by the beams of ions of helium with energies of 4 MeV.

3. Graphs of changes in ionization processes, processes of formation of vacancy, processes of formation of phonon along the ion path length were obtained. It has been determined that these processes pass in the interval of depths from 5 μm to 6.4 μm.

REFERENCES

1. C.H. Wu, C. Alessandrini et al. Progress of the European R&D on plasma-wall interactions, neutron effects and tritium removal in ITER plasma facing materials. // *Fusion Engineering and Design.* 2001, v. 56-57, p. 179–187.

2. T. Hirai et al. Use of tungsten material for the ITER divertor. // *Nuclear Materials and Energy*. 2016.

https://dx.org/10.1016/j.nme.2016.07.003.

3. O. V. Manuilenko, E. M. Prokhorenko, K. V. Pavlii, B. V. Zajtsev, S. N. Dubniuk, V. V. Lytvynenko, T. G. Prokhorenko. Features of structural damages of surface of tungsten as a result of irradiation with helium ion beams with energy 4 MeV. // Problems of atomic science and technology. 2023, № 6, v. 148, p. 33–48.

https://doi.org/10.46813/2022-148-033.

МЕТОД ОБРОБКИ РІДИН ЗА ДОПОМОГОЮ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІМПУЛЬСНИХ РОЗРЯДІВ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД

Бойко М. І.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Україна)
Макогон А. В.
Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України

Вступ. Проблемою для екологічної безпеки морських вод є те, що судновласники під час вантажоперевезень скидають неочищені або недоочищенні баластні води з чужорідними для певних частин океану організмами, бактеріями, водоростями [1, 2]. Щорічно вантажні судна по всьому світу скидають приблизно 3-5 мільярдів тонн баластної води. На різних рівнях, в тому числі і ООН, ІМО, ВООЗ було розроблено законодавчі основи, рекомендації та конвенції для суворого контролю якості баластних вод, що скидаються. Так, наприклад, до вересня 2024 року баластна вода повинна відповідати стандарту D-2 по наступним мікробіологічним показникам: < 250 КУО (колонієутворюючих одиниць)·в 100 мл для *Escherichia coli*, < 1 КУО в 100 мл для *Vibrio cholera*, і < 100 КУО в 100 мл для кишкових *Enterococci.*

Актуальність досліджень. Перед судновласниками стоїть актуальне питання переоснащення суден, пошук і впровадження енергоефективного методу, або комбінації методів для обробки баластних вод, щоб вони відповідали всім регіональним та міжнародним стандартам. На практиці зарекомендувала себе обробка баласту на самому судні [3], вона буває фізична (ультрафіолетове випромінювання та ін.), біологічна (додавання організмів хижаків та ін.), хімічна (озонування та ін.), механічна (фільтрування та ін.) та їх поєднання.

Постановка задачі. В якості методу для знезараження баластних вод можуть використовуватися технології на основі високовольтних імпульсних розрядів. Вони призводять до напрацювання окиснювачів з високим окисним потенціалом (озон, перекис водню, гідроксильні радикали), ударних хвиль, сильних електричних полів, ультрафіолетового випромінювання, високоенергетичних електронів, іонів. Однак, наприклад, час життя частинок OH^-, з окисним потенціалом 2,8 еВ, дуже короткий, тому раціонально генерувати такі радикали біля поверхні води або в газових бульках у ній, щоб такі радикали і всі інші діючі фактори розряду потрапляли в оброблювану воду, що значно може підвищити енергоефективність методу, в порівнянні з озонуванням або УФ-обробкою. Перед авторами стояла задача досягнути повної та незворотної інактивації бактерій *E. coli* з початковою концентрацією у воді 10^6 КУО/см^3, після обробки її розрядами у газових бульках у потоці.

На рис. 1 представлена блок-схема установки, детально описана у роботі [4], яка здійснює цей метод:

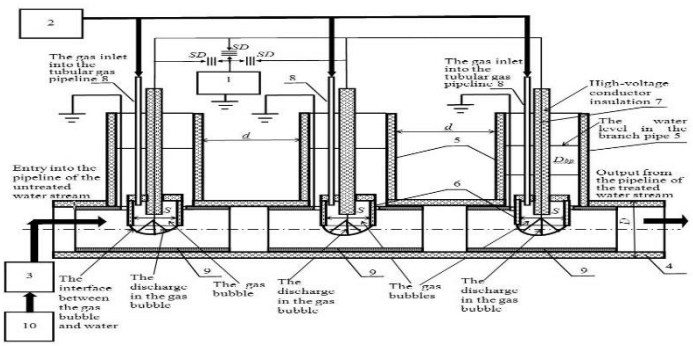


Рисунок 1 – Блок-схема установки

Установка складається з низькоомного генератора високовольтних імпульсів 1, компресора 2, насоса 3, трубопроводу 4 діаметром D = 40 мм з проточною водою, виконаного з ізоляційного матеріалу. До складу установки входять також три патрубки 5 діаметром D_{bp} = 40 мм, через які в трубопровід 4 вставляються і там закріплюються ізоляційні пустотілі корпуси 6 без дна. Корпуси 6 виконані поєднаними з високовольтними провідниками – гострий електрод 7 в ізоляції і з трубчастими газопроводами 8. Установка містить також заземлений електрод 9 в кожному з трьох розрядних вузлів. Швидкість протоки води та газу від компресора регулюється. Склад газу може бути різним. Може бути вмонтована в вже існуючі трубопроводи.

Результати досліджень. На рис. 2 представлені експериментальні осцилограми імпульсів напруги (криві 1) і струму (криві 2):

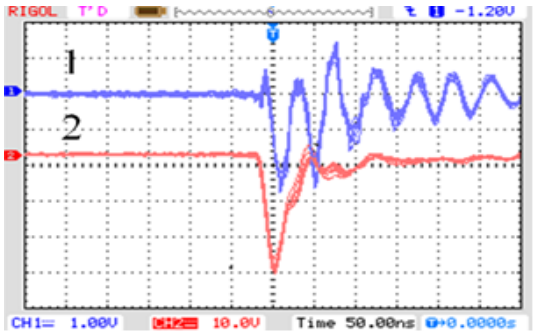


Рисунок 2 – Осцилограми імпульсів напруги (криві 1) і струму (криві 2)

Ціна поділки по осі процесу на рис. 2 для осцилограм напруги становить 7,9 кВ/под, для осцилограм струму становить 32 А/под, по осі часу 50 нс/под. Номінальна потужність установки в імпульсі P_p становить до $P_p \approx U_p \cdot I_p$=30000 В·100А=3 МВт.

На рис. 3 представлені отримані фото експериментальних високовольтних наносекундних розрядів в газових бульках у воді, реалізованих в окремому реакторі.

Рисунок 3 – Фото наносекундних розрядів у газових бульках при обробці води

Всі діючі фактори електричного розряду на рис. 3 безпосередньо потрапляють у воду. Озон, перекис водню та гідроксильні радикали сприяють окисленню клітинних мембран мікроорганізмів, що призводить до їх загибелі. Ударні хвилі руйнують клітинні стінки бактерій, а сильні електричні поля викликають ефекти пороутворенню мембран цих бактерій, та як і ультрафіолетове випромінювання спричиняють пошкодження ДНК і РНК мікроорганізмів, їх вплив додатково призводить до збільшення кількості вільних атомів і радикалів, які беруть участь у хімічних реакціях, як у газі (розряді), так і у воді.

В роботі [4] показано, що після обробки води в потоці (120 л/год) розрядами в газових бульках імпульсами, представленими на рис. 2, рис. 3 протягом 35 секунд при частоті повторення імпульсів $f_{rpt} \approx 2400$ імп/с досягнута повна та незворотна інактивація бактерій *E. coli* з початковою концентрацією 10^6 КУО/см^3, що відповідає стандарту D-2 для *E. coli*. Обсіменіння бактеріями *E. coli* та аналізи оброблених та контрольних зразків води проведено у спеціалізованому підприємстві «Санепідсервіс» (м. Харків).

Висновки. Метод обробки за допомогою високовольтних наносекундних розрядів у газових бульках є перспективним для промислового застосування і може у майбутньому стати альтернативою озонуванню та УФ-обробці при знезараженні баластних вод або використовуватися з ними у комбінації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Casas-Monroy O., Rajakaruna, H., Bailey S. A. Improving estimation of phytoplankton abundance and distribution in ballast water discharges. *J Appl Phycol*. 2020. V. 32. P. 1185–1199.

2. Александров, Б. Г. Проблема переноса водных организмов судами и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий. *Морской экологический журнал*. 2004. Т. 3, № 1. С. 5−17.

3. Горбов В. М., Мітєнкова В. С. Порівняльна оцінка енергетичної ефективності способів обробки баластних вод. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2013. Том 1, № 8. С. 35−44.

4. Бойко Н. И., Макогон А. В. Високовольтна установка імпульсною потужністю 3 МВт для знезараження води у потоці за допомогою наносекундних розрядів у газових бульках. *Технічна електродинаміка*. 2020. № 5. С. 80–83.

ЗАСТОСУВАННЯ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ОПРОМІНЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СУДНОБУДУВАННІ

Брюховецький В. В.[1], Литвиненко В. В.[1], Мила Д. Є.[1], Рак О. Л.[2]
[1] Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України (Україна)
[2] ННЦ «Харківський фізики-технічний інститут» НАН України (Україна)

Вступ. В сучасному суднобудуванні для будівництва корпусів суден та їх компонентів все більше знаходять своє застосування багатокомпонентні сплави на основі алюмінію. Алюмінієві сплави використовуються для виготовлення різного суднового обладнання, трубопроводів та інших різноманітних конструкцій. Важливим є і той факт, що кораблі, корпуси яких виготовлені з алюмінієвих сплаві, набагато легші ніж сталеві кораблі, і завдяки цьому використовують менше палива. Судновласники алюмінієвих кораблів також не несуть витрат на утримання життєвих циклів, пов'язаних з фарбуванням корпусів суден. А коли експлуатація алюмінієвого судна добігає свого кінця, то значною перевагою при їх утилізації є висока цінність переробленої вторинної сировини. Приймаючи до уваги технології та методи, які вже на сьогодні є доступними для алюмінієвого суднобудування, можна з впевненістю говорити про те, що в майбутньому багатокомпонентні алюмінієві сплави зможуть стати основним конструкційним матеріалом в суднобудуванні, витіснивши з цього ринку сталі.

Вперше алюміній був використаний для будівництва парового пасажирського катера у 1891 році. Катер, названий Le Migron, був сконструйований у Швейцарії на замовлення Альфреда Нобеля та розрахований на 8 пасажирів. Це був перший катер, частково виготовлений з алюмінію, що підтверджувало можливість використання алюмінію в суднобудуванні.

Серед основних вимог, що пред'являються до алюмінієвих сплавів для суднобудування, є вимоги високої пластичності та міцності а також високою має бути надійність зварних з'єднань із сплавів, призначених для виготовлення зварних конструкцій. Та чи не на першому місці з усіх вимог до алюмінієвих сплавів в суднобудуванні є хороша корозійна стійкість в морській і річковій воді або в інших середовищах, в яких буде працювати конструкція, виготовлена з алюмінієвого сплаву.

Основні домішки, присутні у всіх алюмінієвих сплавах, – залізо, кремній та марганець, як правило, погіршують механічні та корозійні властивості.

Як основні легуючі елементи у всіх алюмінієвих сплавах використовується всього 5 елементів – 4 метали (Mg, Cu, Zn, Li) і напівпровідник Si. Введення їх у великих кількостях виявляється можливим тому, що вони мають значну розчинність в алюмінії в твердому стані. Головна функція легуючих елементів – підвищення міцності алюмінію. Зміцнення досягається за рахунок утворення твердого розчину та, у багатьох системах, шляхом дисперсійного твердіння. Розчинність у твердому стані при утворенні твердого розчину на основі алюмінію для всіх елементів обмежена, частинки, що не розчинилися, утворюють в структурі сплаву інтерметалеві сполуки або присутні у вигляді чистих елементів (наприклад, Si, Bi, Cd, Pb, Sn). До надлишкових фаз, утворених основними легуючими елементами та алюмінієм і найбільш часто зустрічаються в структурі злитків, відносяться інтерметалідні фази Mg_2Si, $CuAl_2$, Al_2CuMg, $Al_2Mg_3Zn_3$, Al_3Mg_2 та ін. Основні домішки, присутні у всіх алюмінієвих сплавах, – залізо, кремній та марганець, як правило, погіршують механічні та корозійні властивості.

Перелік сплавів, дозволених до застосування у суднобудуванні, визначають морські та річкові регістри. Як вже було сказано, першорядною вимогою, враховуючи особливості експлуатації виробів, є корозійна стійкість матеріалів. Солона вода може бути

згубною для ряду високоміцних алюмінієвих сплавів, тому у світовій практиці основні алюмінієві сплави для суднобудування розроблені на основі систем легування алюміній-магній і алюміній-кремній-магній, що відносяться до середньоміцних сплавів. Традиційними та такими що найбільш часто використовуються сплавами алюмінію в суднобудуванні є сплав типу 5ххх системи Al-Mg для плит та сплави системи Al-Mg-Si типу 6ххх для екструзій. Ці сплави відповідають або перевищують вимоги до мінімальної міцності для сталі з нормальною міцністю і можуть навіть конкурувати зі сталями з високою міцністю.

Актуальність досліджень. Одним з методів підвищення корозійної стійкості та поверхневої міцності деталей із алюмінієвих сплавів є використання опромінення імпульсними релятивістськими пучками електронів [1]. Вивчення взаємодії сильнострумових релятивістських електронних пучків з металами і сплавами має важливе значення як для фундаментальної, так і для прикладної науки. Концентровані потоки енергії є інструментом для дослідження поведінки твердих тіл в умовах впливу зовнішніх чинників з екстремальними значеннями навантажень, що є важливим як для розробки технологій модифікації поверхонь з метою підвищення їх фізико-механічних властивостей, зокрема корозійної та ерозійної стійкості, так і для одержання нових знань про поведінку матерії в критичних умовах.

Постановка задачі. В цьому дослідженні з метою покращення міцнісних та корозійних властивостей були опромінені пластини з алюмінієвого сплаву АА6111 системи Al-Mg-Si (Mg(0,5-1,0%мас), Cu(0,5-0,9%мас), Si(0,7-1,1%мас), Mn(0,1-0,45%мас), Zn(0,15%мас), Cr(0,1%мас), Ti(0,1%мас), Fe(0,4%мас), основа Al). Для опромінення виготовляли пластини з розмірами 100×100 мм^2 з листів алюмінієвого сплаву 6111, товщиною 1,1 мм. Перед опроміненням поверхневий шар плакіровки пластини був відшліфований, а поверхня пластини була відполірована. Опромінення підготовлених таким чином пластин проводилося ІЕП на прискорювачі ТЕМР-А в ННЦ ХФТІ НАН України [2]. Густина потоку енергії на мішені W становила приблизно 10^9 Вт/см2 (енергія пучка E ~ 0,35 МеВ, струм I ~ 2000 А, тривалість імпульсу $\tau_i \sim 5 \times 10^{-6}$ с, діаметр пучка D ~ 3 см). Опромінення здійснювалося одним імпульсом у вакуумі при 1.3×10^{-3} Па.

Результати досліджень. Коли матеріал обробляється імпульсними електронними променями, поверхня матеріалу швидко нагрівається і плавиться з наступним швидким твердінням. Це може призвести до утворення метастабільних мікроструктур, таких як перенасичений твердий розчин і нанозерна або нанодомени [3]. Між тим, різка зміна температури викликає динамічні та термічні напруження, спрямовані від поверхні до центру матеріалу, що призводить до пластичної деформації та глибокого зміцнення під поверхнею [2].

Опромінення сплаву АА6111 імпульсним пучком електронів призводить до формування переплавленого поверхневого шару завтовшки до 200 мкм з модифікованим структурно-фазовим станом. Структурний стан цього шару характеризується наявністю субмікрокристалічної структури із середнім розміром зерна 0,7 мкм, тоді як у вихідному стані сплаву розмір зерна становить 40 мкм.

З аналізу хімічного складу сплаву видно, що основними легуючими елементами в ньому є Mg, Cu, Zn і Si, які утворюють з алюмінієм в алюмінієвому куті евтектичні діаграми стану. Ці елементи практично повністю повинні розчинятися в алюмінієвій матриці. Однак, оскільки зразки для дослідження вирізали з холоднокатаного листа напівфабрикату сплаву АА6111, який не піддавався термомеханічній обробці, то в них, цілком ймовірно, могли бути присутніми фази, що містять Mg, Cu, Zn, які зазвичай присутні в сплавах системи Al-Mg-Cu-Si (Al_3Mg_2, Al_2Cu, Al_2CuMg та ін). За допомогою рентгеноструктурних досліджень було встановлено, що крім зазначених вище фаз для дифрактограми неопроміненого зразка сплаву АА6111 також характерним є наявність піків фази $Al_2Fe_3Si_4$ (33.3Fe, 44.4Si, at.%) та фази $Al_4Cu_2Mg_8Si_7$ (9.5Cu, 38.1Mg, 33.3Si, at.%).

Після обробки імпульсним пучком електронів в переплавленому слоі утворюється новий твердий розчин на основі алюмінію. В опроміненому прошарку в твердому розчині на основі алюмінію зменшується кількість атомів Mg, а концентрація атомів Si, Cu, Fe і Mn, навпаки, зростає. Причинами такого зміни є поєднання нагрітого у вакуумі розплаву найбільш летючими компонентами, до яких, у першу чергу, належить Mg, а також розчиненням або оплавленням, а також перемішуванням у розплаві присутніх у вихідному стані сплаву частинок інтерметаллідної фази. Фази $Al_2Fe_3Si_4$ і $Al_4Cu_2Mg_8Si_7$, які були присутні у вихідному стані сплаву, рентгенографічними методами модифікованому імпульсним пучком електронів шарі не виявляються.

За даними про мікротвердість визначені границя плинності та величина пластичності модифікованого дією імпульсного пучка електронів поверхневого шару сплаву АА6111. Встановлено, що опромінений шар стає значно міцнішим але пластичність його зменшується. Встановлено, що мікротвердість модифікованого опроміненням шару дорівнює 101HV0.50, тодія як у початковому стані вона мала значення 60HV0.50. Структурно-фазові перетворення у сплаві, викликані дією імпульсного пучка електронів, призводить до зміцнення поверхневого шару алюмінієвого сплаву АА6111-Т4, що характеризується збільшенням межі плинності більш ніж на 100 МРа. Зміцнення обробленого шару обумовлено подрібненням зерна, збільшенням щільності дислокацій та підвищенням концентрації кремнію та міді у твердому розчині на основі алюмінію.

У багатьох роботах, зокрема [4], встановлено, що збільшення атомів міді в алюмінієвій матриці підвищує потенціал корозії матриці з алюмінію. Як вже було зазначено вище, в опроміненому прошарку сплаву А6111 утворився переплавлений шар товщиною приблизно 200 мкм зі збагаченим вмістом атомів Cu за рахунок розчинення різних складових частинок інтерметалідних фаз. Крім того, в переплавленому імпульсним пучком електронів шарі стає менше дислокацій, ніж у початковому холоднокатаному стані сплаву АА6111. Ці два різні фактори призвели до загального покращення стійкості поверхневого шару до корозії. Однак слід зазначити, що на стійкість до корозії оброблених зразків також впливають дефекти затвердіння, такі як при поверхневі порожнини та поверхневі тріщини, оскільки вони можуть служити місцем ініціації локалізованої корозії.

Висновки. Дія імпульсного пучка електронів на пластину сплаву АА6111 призводить до оплавлення її поверхневого прошарку і зміни топографічного малюнку поверхні. В результаті дії імпульсного пучка електронів в переплавленому прошарку спостерігається зменшення кількості атомів Mg, а кількість атомів Si, Cu, Fe і Mn, навпаки, дещо зростає. Такий перерозподіл легуючих елементів спричинений випаровуванням в вакуумі найбільш летючих компонентів та розчиненням і перемішуванням в розплаві частинок інтерметалідних фаз. За даними про мікротвердість визначені границя плинності та величина пластичності модифікованого дією імпульсного пучка електронів поверхневого шару сплаву АА6111. Встановлено, що опромінений шар стає значно міцнішим але пластичність його зменшується. Збільшення атомів міді в матриці Al та зменшення щільності дислокацій призводить до загального покращення стійкості поверхневого шару сплаву АА6111 до корозії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bryukhovetsky V. V., Klepikov V. F., Lytvynenko V. V., Myla D. E., Poyda V. P., Poyda A. V., Uvarov V. T., Lonin Yu. F., Ponomarev A. G. The features of the structural state and phase composition of the surface layer of aluminum alloy Al-Mg-Cu-Zn-Zr irradiated by the high current electron beam // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B, 2021 Vol. 499, P 25-31. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2021.02.011.

2. Kobets A. G., Horodek P. R., Lonin Yu. F., Lytvynenko V. V., Ponomarev A. G., Startsev O. A., Uvarov V. T., Melting effect on high current electron beam on aluminum alloy 1933, Surface

Engineering and Applied Electrochemistry, V.51, №5 (2015) 478-482.
3. Bryukhovetsky V. V., Klepikov V. F., Lytvynenko V. V., Myla D. E., Lonin Yu. F., Ponomarev A. G. The Structural Phase State and Strength Properties of the Surface Layer of AA6111-T4 Aluminum Alloy Irradiated by the High-Current Electron Beam, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B 519 (2022) 1–8. https://doi.org/10.1016/j.nimb.2022.03.008.
4. Liu Z., Chong P. H., Butt A. N., Skeldon P., Thompson G. E., Corrosion mechanism of laser-melted AA 2014 and AA 2024 alloys, Appl. Surf. Sci. 247 (2005) 294–299, https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.01.067.

РОЗРОБКА ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Даниленко Д. О.
Херсонська державна морська академія, Україна

Вступ. Епоксидні композити і покриття на їх основі широко використовуються в багатьох галузях промисловості, зокрема і у суднобудівній. Їх використання пов'язано із низькою вартістю інгредієнтів (порівняно з металами і сплавами), відносно простою технологією формування, комплексом унікальних властивостей. Не зважаючи на ряд переваг, існують також і певні обмеження у використанні полімерних матеріалів на основі епоксидних зв'язувачів. До них можна віднести: крихкість, низька електро- і теплопровідність, низька стійкість до впливу підвищених температур. Одним із способів підвищення властивостей полімерних матеріалів на основі епоксидних зв'язувачів є введення активних добавок у полімерну матрицю.

Результати досліджень. Для формування термостійких полімерних матеріалів використано: Епоксидну смолу ЕД-20, твердник поліетиленполіамін ПЕПА, нанодисперсний конденсований вуглець (НКВ) з розміром часток d = 10…16 нм.

Для ідентифікації теплових ефектів використовували диференціально-термічний (ДТА) аналіз (рис. 1) використовуючи швидкість підйому температури υ = 10 К/хв. Експериментально встановлено, що максимальним значенням початкової температури екзоефекту (486 К) характеризуються композити наповнені частками НКВ за вмісту 0,050 мас.ч. (рис. 1). Вважали, що за такої температури відбувається термічне окислення композиту, позаяк не спостерігали втрати маси дослідного матеріалу. При цьому є ймовірність утворення карбонізованого шару, який обмежує доступ кисню, що і забезпечує гальмування деструктивних процесів у полімері. Додатково показано, що найбільшим значенням максимальної температури екзоефекту (553 К) характеризуються полімерні матеріали, що містять у своєму складі 0,050 мас.ч. нанонаповнювача.

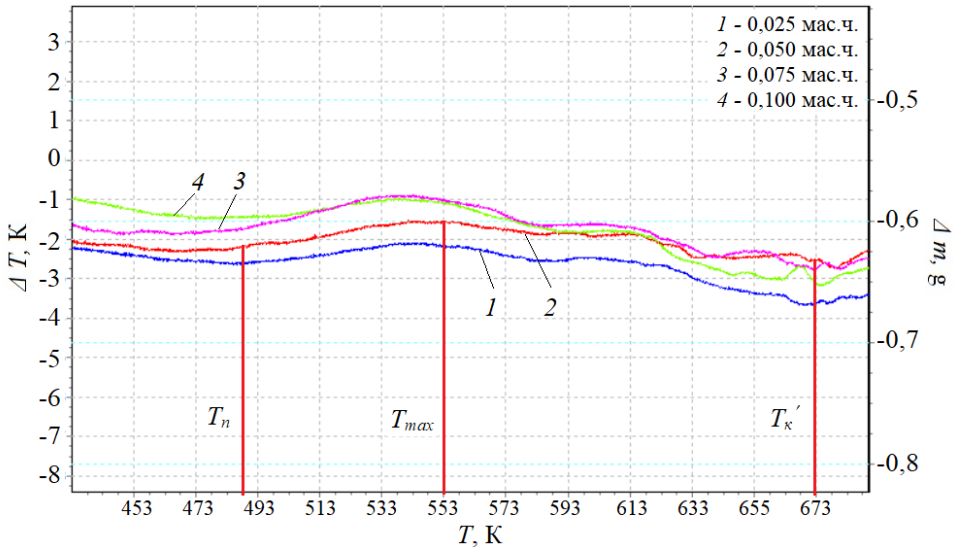


Рисунок 1 – Дослідження теплових ефектів у полімерних матеріалах, наповнених нанодисперсним конденсованим вуглецем за результатами диференціально-термічного (ДТА) аналізу

Висновки. На основі комплексної оцінки теплофізичних характеристик розроблених полімерних матеріалів встановлено найбільш термостійкий полімерний матеріал, що містить нанодисперсний конденсований вуглець за вмісту q = 0,050 мас.ч. Такий матеріал можливо використовувати до температури – T_{max} = 553 К.

ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ В УКРАЇНІ: ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ І ПРАВОВІ ОСНОВИ

Мазуренко Людмила Іванівна
кандидат політичних наук, доцент кафедри
соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін
Інституту Військово-Морських Сил Національного університету
«Одеська морська академія», м. Одеса (Україна)

Нині виробники транспортних засобів запроваджують електричні або гібридні силові установки, що допомагає зменшити екологічний слід автомобілів завдяки скороченню шкідливих викидів. Поширення електромобілів в Україні покращить екологічну обстановку. Метою дослідження є аналіз стану електромобільного транспорту в Україні та загалом у світі, а також законодавчих проблем галузі та напрацювання пропозицій для їх розв'язання.

Електромобіль нині є найперспективнішим видом транспорту. Із розвитком промисловості і ростом кількості автотранспорту зросла й кількість забруднювачів повітря, що погіршує екологічну обстановку та веде до зміни клімату. Електромобілі не продукують шкідливі речовини завдяки чому вони екологічно чисті. Висока ціна паливно-мастильних матеріалів та її нестабільність стали головними мотивами дослідження і розробки альтернативних джерел енергії для транспорту. Удосконалення технологій акумулювання енергії дозволило створити значно більш ємкі батареї, внаслідок чого електромобілі стали практичними і конкурентними. Іншою важливою причиною розповсюдження електромобілів є те, що багато країн установили норми викидів забруднюючих речовин, що змушує автовиробників випускати екологічно чистіші моделі.

В Україні попит населення на електромобілі не поступається загальносвітовому. Зростаючий попит справляє зростаючий вплив на автомобілебудівну промисловість, споживачів та навколишнє середовище. Він з'явився завдяки дії таких головних факторів як екологічні переваги (зростання поінформованості про зміни клімату і обурення через забруднення природи змусило мільйони власників перейти на електромобілі); розвиток сучасних технологій (постійне збільшення ємності батарей, дальності ходу і поширення мережі швидких зарядних станцій зробило електромобілі доступнішими і зручнішими для споживачів); законодавча підтримка (уряди багатьох країн власникам електротранспорту надають, наприклад, податкові знижки, субсидії і дозвіл на безплатне паркування і користування платними автомобільними дорогами).

Відзначимо, що електромобілі є наступним етапом розвитку транспорту, що потребує не тільки технологічних досягнень, а й необхідного законодавчого врегулювання заради безпечного та ефективного запровадження новітніх технологій. З метою оцінити готовність української законодавчої бази до росту популярності електромобілів ми розглянули базові нормативно-правові акти щодо цієї сфери. Головні нормативні акти, що регулюють сферу: Закони України «Про транспорт» [1], «Про автомобільний транспорт» [2], «Про міський електричний транспорт» [3], що визначають правові, організаційні та соціально-економічні засади діяльності електротранспорту та стимулюють його розвиток задля максимального задоволення потреб українців у доступному, якісному та сучасному транспорті. Аналіз нормативних положень вищезазначених законів дозволяє зробити висновок, що вони не встановлюють суворих вимог до екологічності електротранспорту, це є прогалиною в праві. Законодавець вважає, що розповсюдження електротранспорту поліпшить екологічну ситуацію [4]. Першим важливим кроком для розширення українського ринку електромобілів стало скасування ПДВ та акцизного податку на імпорт електромобілів з 2018 року. В 2019 році Закон № 2628-VIII податкову пільгу щодо ПДВ продовжив, але скасував пільгу по акцизному податку [5]. Наступним кроком було прийняття 11 липня 2019 р. Закону № 10405 «Про внесення змін до деяких законодавчих

актів України щодо створення доступу до інфраструктури зарядних станцій для електромобілів» [6]. Ключовою метою цього Закону є гарантування захисту прав власників електромобілів користуватися зарядними станціями і парковками, розширення мережі відповідної інфраструктури в Україні, запровадження особливих зелених номерних знаків електромобілів. Незважаючи на війну, парк електромобілів в Україні різко збільшився, а міста суттєво оновили парк громадського транспорту новенькими трамваями і тролейбусами. 24 лютого 2023 року був прийнятий Закон № 2956-IX «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрозарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів» [7], спрямований на поступову ліквідацію залежності від викопного палива та сприяння поширенню мережі зарядних станцій для електромобілів. Ці заходи сприятимуть розвитку електротранспорту і зміцненню енергетичної незалежності України.

11 грудня 2019 року Єврокомісія запустила стратегічну програму «Європейський зелений курс», метою якої є досягнення Європою кліматичної нейтральності до 2050 року. Вона передбачає численні заходи для підтримки сталого розвитку, освоєння відновлювальних джерел енергії, поліпшення енергоефективності, реформування транспортної системи і інших галузей з метою зменшення негативного впливу на довкілля. Уряди країн, що приєдналися до курсу, зобов'язалися проводити чіткі заходи з метою досягти поставлених екологічних і кліматичних цілей. Україна має намір долучитися до цієї програми ЄС. Дотримання зеленого курсу сприятиме росту українського ринку електромобілів тому, що автомобільний транспорт є найбільшим забруднювачем довкілля України. Інститут досліджень авторинку України повідомляє, що в липні 2023 року було зареєстровано 64,3 тисячі одиниць електротранспорту, серед них 62,2 тисячі складали легковики, а ще 2 тисячі – вантажівки. У 2022 році у нас було тільки 40,3 тисячі електромобілів (за минулий рік зростання склало понад 60%) [8]. Для прикладу: у Польщі зареєстровано 47 тисяч електромобілів, із них 42,2 тисячі – легковики, 4,8 тисячі – вантажівки. В цілому наш парк електромобілів перевищує польський майже на 20 тисяч [8]. Але в Україні все ще мало зарядних станцій для електромобілів. Мережа зарядних станцій покриває в основному великі міста, їх бракує на міжміських трасах. Через це сформувалося упередження нібито електромобілі створені для міста. Зведення зарядних станцій на автомагістралях і на автостоянках розширить покриття та зробить електромобілі більш привабливими для споживачів. Міністерство інфраструктури України 1 листопада 2021 року повідомляло, що зарядна мережа для електромобілів складається із 3244 станції із 7661 терміналом [9]. Ці дані доводять, що для росту кількості електромобілів споживачі повинні бути впевненими, що мережа зарядних станцій покриває всю Україну.

З метою розширення покриття мережі зарядних станцій в Україні можемо запропонувати здійснити такі заходи: 1) розробити стратегію будівництва типових зарядних станцій в людних місцях (наприклад, на парковках біля торгових центрів, готелів тощо). Це забезпечить власникам електромобілів комфортне і зручне заряджання. 2) Виділити фінансові ресурси з метою стимулювати розвиток мережі зарядних станцій. Сюди можуть відноситись й податкові пільги компаніям, що будують зарядні станції, або ж фінансову підтримку власникам електротранспорту, щоб стимулювати створення їх у приватних будинках. 3) Законодавство повинне гарантувати досяжність зарядних станцій по всій Україні. Зарядні станції повинні обов’язково бути встановлені в людних місцях і на автобанах. Електромобілі різноманітних виробників можуть потребувати різних зарядних станцій, тому важливо забезпечити сумісність між ними. 4) Установити прозорі і справедливі тарифи на послуги зарядки, що підтримає відповідний бізнес. Для виконання поставлених завдань необхідно, щоб усі учасники ринку – уряд, промисловість та громадянське суспільство були партнерами щодо питань розширення покриття мережі зарядних станцій. Перехід на електромобілі вимагає всебічного законодавчого розгляду

усіх можливих чинників.

Підсумовуючи здійснене дослідження можна сказати, що ринок електромобілів показує великі темпи росту. У порівнянні з автомобілями із бензиновим чи дизельним двигуном електромобілі нині є найефективнішим, найзручнішим та найдоступнішим споживачам способом екологізації автотранспорту. Помічено, що більшість світових продажів електромобілів відбувається у найрозвиненіших країнах – Великій Британії, Франції, Норвегії, Німеччині, Китаї тощо. Деякі країни (наприклад, Китай та Норвегія) мають намір заборонити автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння і повністю перейти на електромобілі. Для досягнення цього вони запровадили систему пільг для автовиробників та власників електромобілів. В продажах і ринковій частці електромобілів Україна істотно поступається провідним країнам світу. Але вже кілька років підряд в Україні спостерігаємо позитивну динаміку зростання кількості електромобілів. Запровадження електромобілів – це не тільки перехід до новітніх технологій, але й суттєвий крок щодо поліпшення екологічної освіченості суспільства. А це допоможе знайти шлях розвитку і збереження довкілля України. Отже, зосередження уваги на електромобілях допоможе сформувати здорове і стійке екологічне майбутнє.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про транспорт: Закон України від 10.11.1994 № 232/94-ВР URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 12.04.2024).
2. Про автомобільний транспорт: Закон України від 05.04.2001 № 2344-III URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text (дата звернення: 12.04.2024).
3. Про міський електричний транспорт: Закон України від 29.06.2004 № 1914-IV URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1914-15#Text (дата звернення: 12.04.2024).
4. Дмитрієв М. М., Кухтик В. В., Кухтик І. О. Електромобілі в Україні як засіб покращення екологічної ситуації: вісник Національного транспортного університету. 2011. № 22. С. 10–19.
5. Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких інших законодавчих актів України щодо покращення адміністрування та перегляду ставок окремих податків і зборів: Закон України від 23.11.2018 № 2628-VIII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2628-19#Text (дата звернення: 12.04.2024).
6. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення доступу до інфраструктури зарядних станцій для електромобілів: Закон України від 11.07.2019 № 2754-VIII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2754-19#Text (дата звернення: 12.04.2024).
7. Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрозарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів: Закон України від 24.02.2023 № 2956-IX URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2956-20#Text (дата звернення: 12.04.2024).
8. Інститут досліджень авторинку. URL: https://eauto.org.ua/ (дата звернення: 12.04.2024).
9. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України: офіційний сайт. URL: https://mtu.gov.ua/ (дата звернення: 12.04.2024).

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

Сапронов О. О., Соценко В. В., Сапронова А. В.,
Воробйов П. О., Браїло М. В., Акбутаєв Т. Б., Іванічев Б. В.
Херсонська державна морська академія, Україна

Вступ. Загально відомо [1], що використання полімерних матеріалів при підвищених температурах є обмеженим. Тому, одним із способів підвищення теплофізичних характеристик, зокрема і термічної стійкості, є введення у полімерну матрицю термічно стабільних нанодобавок [2–4]. У цьому плані перспективним є застосування нанодисперсного конденсованого вуглецю з гексогональною кристалічною решіткою і достатньо великою питомою площею поверхні часток (280–460 м^2/г) [5].

Результати досліджень. Для формування полімерних матеріалів використано: епоксидний зв'язувач (ISO 18280:2010), який характеризується комплексом поліпшених властивостей, зокрема підвищеними показниками адгезійної і когезійної міцності та технологічністю при нанесенні на поверхні складної геометрії. Затверджували полімерні композиції твердником холодного тверднення поліетиленполіаміном (ТУ 6-05-241-202-78). Для поліпшення термостійкості використовували нанодисперсний конденсований вуглець (НКВ) китайського виробництва (YongFeng Chemicals), який утворений за технологією детонаційного синтезу наноалмазів.

Термостійкість полімерних матеріалів досліджували методом термогравіметричного (ТГА) аналізу в діапазоні температур ΔT = 303...873 К. При цьому швидкість підйому температури становила – υ = 10 К/хв, що дозволило ідентифікувати теплові ефекти.

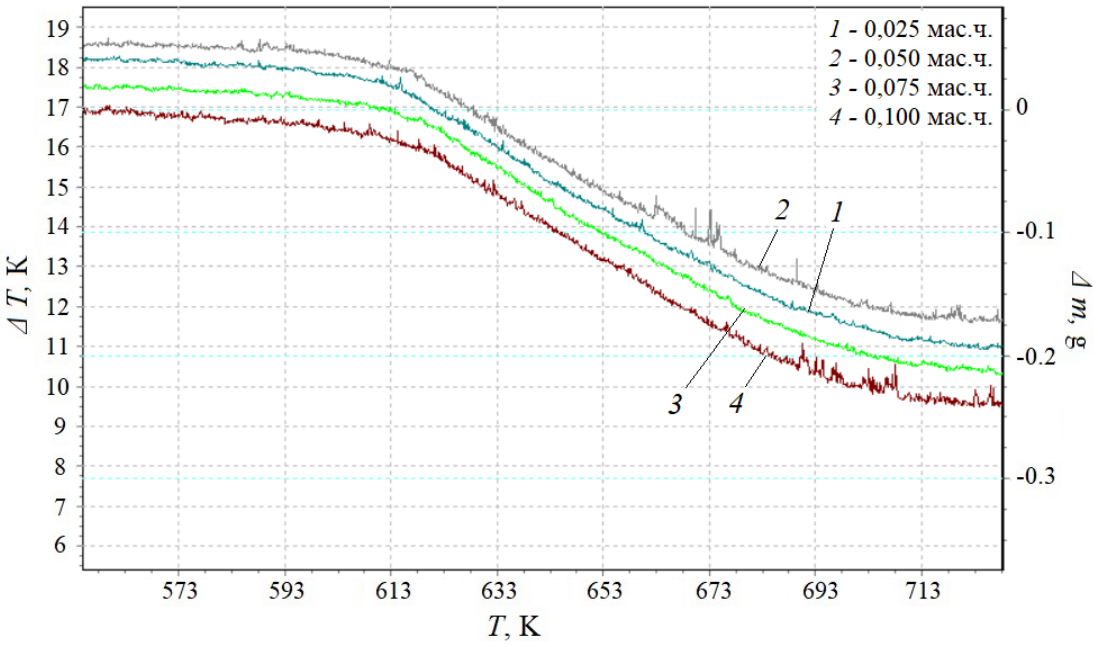


Рисунок 1 – Дослідження втрати маси полімерних матеріалів, наповнених нанодисперсним конденсованим вуглецем за результатами термогравіметричного (ТГА) аналізу

На основі попередніх досліджень [6, 7], встановлено, що початок деструктивних процесів не наповненої полімерної матриці відбуваються при температурі T_n = 587 К. Аналіз отриманих ТГА-кривих (рис. 1) дозволив встановити відсутність втрати маси для розроблених нанокомпозитних матеріалів у температурному діапазоні ΔT = 303...600 К.

Показано (рис. 1), що введення нанодисперсного конденсованого вуглецю у епоксидний зв'язувач за вмісту q = 0,025…0,100 мас.ч., дозволяє змістити початкову температуру втрати маси на 37…47 К в область високих температур. Найбільшою, серед досліджуваних нанокомпозитів, температурою початку втрати маси, характеризуються полімери, наповнені нанодисперсним конденсованим вуглецем за вмісту q = 0,050 мас.ч. (рис. 1, крива1), що дає можливість стверджувати про гальмування процесу термічної деструкції. Це пов'язано із обмеженням рухливості сегментів полімерної сітки та основного ланцюга. Закінчення процесу деструкції розроблених композитів спостерігали у діапазоні температур $T_к$ = 712…718 К. Порівняльна характеристика відносної втрати маси не наповненої полімерної матриці – ε_m = 80,7 % і композитів – ε_m = 63,3…70,0 %, свідчить про присутність нанодобавки, яка впливає на термічну стійкість при впливі зростаючої температури.

Висновки. Методом термогравіметричного аналізу визначено зміну маси полімерних матеріалів у діапазоні температур ΔT = 303...873 К, що дозволило оцінити стійкість їх фізико-хімічних зв'язків в умовах впливу теплового поля. Доведено, що найменшою початковою температурою втрати маси T_0 = 624 К характеризуються композити за вмісту нанонаповнювача q = 0,050 мас.ч.

ЛІТЕРАТУРА

1. Букетов А. В., Сметанкін С. О., Чернявська Т. В., Браїло М. В., Сапронов О. О., Соценко В. В., Соценко К. Ю., Кулінич В. Г., Якущенко С. В., Яцюк В. М 2021, Метод підвищення ресурсу роботи устаткування річкового та морського транспорту за рахунок використання модифікованих захисних антикорозійних покриттів: монографія, Херсон : ХДМА, 2021. 126 с.

2. Savchuk P., Kashytskyi V., Malets V., Matrunchyk D. Kushniruk A 2019, Influence of physical fields on functional properties of polymeric nanocomposites. International Conference on Actual Problems of Engineering Mechanics, APEM 2019; Odessa; Ukraine; 20 – 24 May 2019, 968, pp. 176–182.

3. Sapronov, OO, Buketov, AV, Maruschak, PO, Panin, SV, Brailo, MV., Yakushchenko, SV, Sapronova, AV, Leshchenko, OV., Menou, A 2019, Research of crack initiation and propagation under loading for providing impact resilience of protective coating, Funct. Mater., 26(1), pp. 114–120.

4. Shevchenko V. V., Stryutskii A. V., Bliznyuk V. N., Klimenko N. S., Shevchuk A. V., Lysenkov E. A., Gomza Yu. P. 2014, Synthesis, structure, and properties of anhydrous organic-inorganic proton-exchange membranes based on sulfonated derivatives of octahedral oligosilsesquioxanes and α,ω-di(triethoxysilyl) oligo(oxyethylene urethane urea). Polymer Science: Series B, 56 (2), pp. 216–228.

5. Sapronov O., Buketov A., Kim B., Vorobiov P., Sapronova L. 2024, Increasing the Service Life of Marine Transport Using Heat-Resistant Polymer Nanocomposites. Materials, 17, 1503.

6. Buketov A., Maruschak P., Sapronov O., Brailo M., Leshchenko O., Bencheikh L., Menou A 2016, Investigation of thermophysical properties of epoxy Nanocomposites. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 628, pp. 167–179.

7. Sapronov O. O. Buketov A. V., Zinchenko D. O., Yatsyuk V. M 2017, Features of structural processes in epoxy composites filled with silver carbonate on increase in temperature. Composites: Mechanics, Computations, Applications. An International Journal, 8(1), pp. 47–65.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Сапронова Л. О.
Херсонська державна морська академія, Україна

Вступ. При введенні нанодобавок у епоксидний зв'язувач істотно змінюються структура полімерів, а отже і комплекс їх властивостей. Це зумовлено великою питомою площею поверхні наночасток, їх хімічною активністю, обумовленою значною кількістю хімічних зав'язків, які при зшиванні, впливають на швидкість перебігу фізико-хімічних процесів, рухливість і деформованість макроланцюгів, упорядкованість структури полімеру [1, 2]. При цьому для чіткого розуміння процесів і закономірностей структуроутворення епоксидних композитів, актуальним є використання сучасних спектральних методів дослідження, зокрема методу ІЧ-спектрального аналізу.

Результати досліджень. Для формування епоксидних композитів використовували: епоксидну смолу ЕД-20, яку затверджували поліетиленполіаміном ПЕПА. Для поліпшення властивостей епоксикомпозитних матеріалів використовували нанодисперсний конденсований вуглець (НКВ). Для дослідження структури розроблених епоксидних композитів використовували ІЧ-спектральний аналіз [3, 4]. ІЧ-спектри реєстрували на спектрометрі марки «IRAffinity-1» у ділянці хвильових чисел ν = 400…4000 см$^{-1}$.

Виконували аналіз структури епоксикомпозитних матеріалів наповнених частками нанодисперсного конденсованого вуглецю за вмісту 0,050 мас.ч. у температурному діапазоні ΔT =303…500 К. Вибір даного композиту (за вмісту 0,050 мас.ч.) пов'язаний із попередніми результатами дослідження. Такі матеріали характеризувалися максимальними значеннями теплофізичних властивостей, зокрема: початковою температурою екзоефекту, почастковою температурою втрати маси, максимальним значенням екзоефекту, енергією активації. Отже, при зростанні температури спостерігали зменшення відносної величини площі піку з S = 18,9 % до S = 16,1 % у діапазоні хвильових числел ν = 559…1246 см$^{-1}$, що пов'язано з рухливістю і деформацію сегментів макромолекул епоксидного олігомеру ЕД-20 і С-С- зв'язків наповнювача. Зменшення відносної величини площі піку з S = 14,4 % до S = 12,3 % при ν = 1508 см$^{-1}$ вказує на підвищену рухливість та деформацію амінних груп полімеру. ІЧ-спектральний аналіз у діапазоні хвильових чисел ν = 1608…4000 см$^{-1}$ дозволяє констатувати про відсутність суттєвих структурних змін у полімері, позаяк основний параметр (S, %) є незмінним.

Висновки. На основі проведеного дослідження структури полімерних композитів методом ІЧ-спектрального аналізу, встановлено, що у діапазоні температур ΔT =303…486 К відсутність смуг поглинання не виявлено. Тобто, відсутність структурних перетворень (руйнування хімічних зв'язків) дає можливість використовувати розроблені матеріали до максимальної температури T = 486 К.

ЛІТЕРАТУРА

1. Stukhlyak P. D., Moroz K. M. 2011, Influence of porosity in the epoxy matrix-polyvinyl alcohol-disperse filler system on the impact toughness. Materials Science, 46 (11), pp.455–463.

2. Stukhlyak P., Holotenko O., Dobrotvor I., Mytnyk M 2015, Investigation of the adhesive strength and residual stresses in epoxy composites modified by microwave electromagnetic treatment. Materials Science, 51(2), pp. 208–212

3. Накамото К 1991, ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: пер. с англ. М.: Мир, 536 с.

4. Наканиси К 1965, Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир, 216 с.

ВИКОРИСТАННЯ ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ І СУПУТНІ ПРОБЛЕМИ ШКІДЛИВОСТІ ЇХ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ

Удовицький В. Г., Литвиненко В. В.
Інститут електрофізики та радіаційних технологій НАН України

Вступ. Наразі в світі однією з найбільш важливих є проблема глобального потепління і зміни клімату. Від її успішного вирішення залежить подальший сталий розвиток людства та навіть і його виживання на нашій планеті. Техногенна складова глобального потепління в основному обумовлена парниковим ефектом, який виникає за рахунок потрапляння в атмосферу різних газоподібних і твердих частинок вуглецю. Серед цих сполук базовим є діоксид вуглецю CO_2, який в найбільшій кількості викидається в атмосферу різними промисловими підприємствами і транспортом.

Морський транспорт відіграє вирішальну роль в світовій торгівлі, яка забезпечує успішний розвиток світової економіки. По оцінкам спеціалістів більше 80% комерційних товарів за валовим об'ємом доставляються морським транспортом, а в вартісному обрахуванні це становить більше 70%. При цьому статистичні дані свідчать, що світовий комерційний флот за попередні три десятиліття значно збільшився [1, 2], що відображає також і постійне зростання важливості цієї галузі світової економіки та попиту на морські перевезення. Окрім комерційних торговельних суден на морі постійно курсує також багато пасажирських і круїзних суден, військових суден різного типу, суден допоміжного флоту, тощо. Кількість, розміри і потужність суден, а отже, і сумарна кількість використання на них палив в загальному вимірі постійно зростають. Одним з наочних прикладів цього є, наприклад, введене в експлуатацію в 2024 році найбільше у світі на даний час 20-ти палубне круїзне судно Icon of the Seas (Ікона морів) [3].

Енергетичні установки цього судна працюють на зрідженому природному газі. Це паливо в порівнянні з важкими нафтовими паливами є більш екологічно дружнім паливом. Але наразі в експертному середовищі висловлюються обгрунтовані застереження стосовно того, що енергетичні установки цього судна за рахунок неповного спалювання природного газу викидають в повітря велику кількість метану, внесок якого в парниковий ефект в 27–30 разів вищий ніж у CO_2 за однакової маси викидів [4]. Тому застосування CH_4 як палива також містить додаткові ризики підсилення парникового ефекту, окрім неуникної емісії CO_2, що утворюється в результаті спалювання всіх вуглеводнів. Також визнається, що потенційно можлива аварія такого судна, яке містить велику кількість зрідженого газу (особливо в портах), може викликати екологічну катастрофу з тяжкими наслідками.

Основна частина. За даними вчених Національного управління океанічних та атмосферних досліджень США (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) рівні трьох, найбільш важливих парникових газів, пов'язаних з діяльністю людини – вуглекислого газу, метану та закису азоту в приземній атмосфері в 2023 році продовжували невпинно зростати. На рис. 1 приведено графік усередненої в часі концентрації CO_2 в приземній атмосфері за період 1980–2023 рік, а на рис. 2 – подібний графік для концентрації метану [5]. З цих графіків видно, що зростання концентрації CH_4 зараз відбувається помітно швидшими темпами, ніж зростання концентрації CO_2.

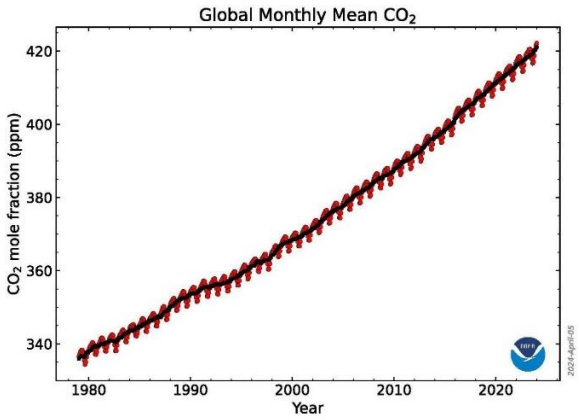


Рис. 1 – Зростання концентрації CO_2 [5]

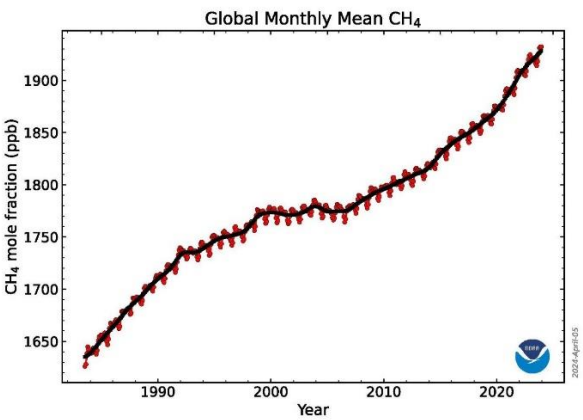


Рис. 2 – Зростання концентрації CH_4 [5]

Тому наразі екологічна безпека планети настійливо диктує нагальну необхідність скорочення шкідливих викидів в навколишнє природне середовище у всіх сферах діяльності людини, зокрема, і в морському транспорті, та жорсткого контролю кількісного і якісного їх складу. З цією метою в 2018 році Міжнародна морська організація (IMO International Marine Organization) прийняла попередню стратегію стосовно скорочення викидів парникових газів з суден. Згідно неї викиди CO_2 в світовій судноходній галузі планується до 2030 року в порівнянні з 2008 роком скоротити на 40%, до 2050 року – на 70%, а до кінця століття досягти амбітної цілі – звести ці викиди до нуля [6]. Вже в 2023 році IMO відредагувала цю стратегію і поставила ще більш амбітну ціль – звести ці викиди до нуля вже до 2050 року [7]. В експертному середовищі наразі висловлюються сумніви стосовно реальності досягнення цієї мети. До того ж міжнародні конфлікти і війни суттєво ускладнюють, або унеможливлюють реалізацію любих глобальних міжнародних проектів. Але ця амбітна мета є дуже вважливою для всього людства і для її досягнення потрібно докладати максимум зусиль всім, хто до цього причетний.

Для декарбонізації морського транспорту розглядаються і використовуються на практиці багато різних методів і рішень, зокрема, оптимізація розмірів та конструкції суден, використання в них більш легких матеріалів, підвищення ефективності силових установок (зменшення в них втрат на тертя, покращення згорання палива та ін.), зниження швидкостей, оптимізація маршрутів та інші управлінські рішення, використання альтернативних палив замість традиційних викопних палив, тощо [8]. Одним з найбільш активно обговорюваних шляхів декарбонізації викидів суден є використання альтернативних палив та джерел енергії. В цьому напрямку використання ядерної енергії, тобто ядерних енергетичних установок на суднах, розглядається як перспективний і реально досяжний та вже перевірений шлях заміни викопного палива на безвуглецеве джерело енергії [9]. І якщо застосування ядерних енергетичних установок на суднах на теперішній час має свою сталу, але досить регламентовану нішу (криголами, військові судна), то генерація “заленого водню” на АЕС активно розглядається на рівні світових енергетичних стратегій. Але при цьому ядерні енергетичні установки мають і суттєві недоліки. Головний з них – загроза радіоактивного забруднення в разі аварій, та комплекс проблем, пов’язаних з утилізацією радіоактивних відходів. Тому після всім відомих Чорнобильської та Фукусімської ядерних аварій рівень критичного відношення і недовіри в суспільстві до використання ядерної енергії суттєво зріс.

Варто зазначити, що окрім радіаційної загрози джерел ядерної енергії існує також загроза нерадіаційних, але досить хімічно токсичних супутніх газових викидів з ядерних реакторів. Такі викиди при нормальній проектній роботі реактора, при якій твели зберігають свою герметичність, мінімальні. Проте вони можуть створити суттєву загрозу людям і навколишньому середовищу в разі аварії з розгерметизацією реактора. Одним з таких потенційно можливих викидів є метил йодистий (МЙ) CH_3I з різними ізотопами йоду, які утворюються при розпаді ядерного палива. Він досить токсичний і також може

створити загрозу внутрішнього і зовнішнього опромінення робочого персоналу та забруднення довкілля [10].

Основні фізико-хімічні властивості CH_3I наступні: М.м. 141,95, Тпл. – 66,45° С, Ткип. 42,5° С, густина 2,279 г/см^3. Його ГДК в повітрі робочої зони становить 1 мг/м^3, клас небезпеки II (небезпечні речовини). В організм людини може потрапляти різними шляхами: інгаляційним (це найчастіший і найбільш небезпечний шлях отруєння), пероральним, шкіряно-резорбтивним, попаданням на слизову оболонку очей. При отруєнні може викликати розлади в функціонуванні різних органів і систем організму людини – ЦНС, дихання, травлення, зору, кровотворення, тощо (в залежності від шляху потрапляння і ступеню отруєння). При оцінці ризиків для здоров'я людини особливо важливим є питання стосовно канцерогенності МЙ. На цей час в різних публікаціях і нормативних документах в цьому питанні існують розбіжності. До переліку канцерогенів, затвердженого МОЗ України, МЙ не включено. Але варто зазначити, що в багатьох публікаціях різних фахівців з медичної токсикології зазначається, що МЙ може бути канцерогеном і тому таку вірогідність треба сприймати серйозно.

Для індикації і вимірювання концентрації МЙ в повітрі використовуються як традиційний хімічний аналіз, так і різноманітні газоаналітичні прилади, робота яких може базуватись на різних принципах вимірювання – індикаторні трубки, хроматографічні та хромато-мас-спектрометричні прилади, оптична спектрометрія в різних діапазонах довжини хвиль, електрохімічні газоаналізатори, газоаналізатори з напівпровідниковими сенсорами, лазерний дистанційний контроль забруднення атмосфери, тощо. Приладова база газового аналізу взагалі, і МЙ зокрема, постійно розвиваються. Цей розвиток відбувається як за рахунок вдосконалення вже відомих методів і приладів, так і шляхом розробки нових методів і методик аналізу, використання нових високочутливих матеріалів, зокрема, наноматеріалів, тощо.

Висновки. Використання ядерних енергетичних установок на суднах, як безпосередніх рушіїв, так і засобів генерації «зеленого водню», є перспективним методом декарбонізації їх викидів, який вже давно використовується на практиці, а зараз досить активно розвивається. Окрім радіаційної загрози джерел ядерної енергії при їх використанні на суднах, яка є найбільш важливою, існує також загроза нерадіаційних, але досить хімічно токсичних супутніх газових викидів з ядерних реакторів. Такі викиди в разі аварії з розгерметизацією реактора можуть створити суттєву загрозу людям і навколишньому середовищу. Одним з таких потенційно можливих викидів є метил йодистий CH_3I з різними ізотопами йоду, які утворюються при розпаді ядерного палива. Проаналізовано досить високу токсичність МЙ та його загроза здоров'ю людей, а також методи і засоби вимірювання його концентрації в повітрі.

ЛІТЕРАТУРА

1. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Review of Maritime Transport 2022.

2. Dong, J. Et al. A review of law and policy on decarbonization of shipping. Front. Mar. Sci. 2022, 9, 1076352.

3. Icon of the Seas. Wikipedia. Режим доступу: https://en.wikipedia. org/wiki/Icon_of_the_Seas.

4. Understanding Global Warming Potentials. U. S. Environmental Protection Agency. Режим доступу: https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials.

5. No sign of greenhouse gases increases slowing in 2023, NOAA Research publication April 5, 2024. Режим доступу: https://research.noaa.gov/2024/04/05/no-sign-of-greenhouse-gases-increases-slowing-in-2023/.

6. AAKKO-SAKSA, Päivi T., et al. Reduction in greenhouse gas and other emissions from ship engines: Current trends and future options. Progress in Energy and Combustion Science, 2023, 94: 101055.

7. Tomos, Branwen Ap Dafydd, et al. Decarbonising international shipping–A life cycle perspective on alternative fuel options. Energy Conversion and Management, 2024, 299: 117848.

8. Decarbonising Maritime Transport: Pathways to zero-carbon shipping by 2035, International Transport Forum 2018 Policy Papers, No. 47, OECD Publishing, Paris, Режим доступу: https://doi.org/10.1787/b1a7632c-en.

9. Bhattacharyya Rupsha et al. Climate action for the shipping industry: Some perspectives on the role of nuclear power in maritime decarbonization. e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, 2023, 4: 100132.

10. Udovitskiy V. G., Lytvynenko V. V., Sokolenko V. I. Methyl iodide: toxic properties, risks for personnel, instruments and methods for monitorings. In: V.Voevodin International scientific and technical conference “Problems of modern nuclear power”, April 17–19, 2024. Book of abstracts, P. 24.

РОЗРОБЛЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ СУДНОВОГО РАДІОНАВІГАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ

Шаранов В. Д.
Херсонська державна морська академія (Україна)

Вступ. Водний транспорт є одним із найбільших перевізників на міжнародних напрямках. Завдяки розвинутої логістики, водними шляхами здійснюється перевезення не обмеженого обсягу різнорідних вантажів. Це пов'язано з розгалуженою мережею портів і морських шляхів. За рахунок цього вантажі можуть транспортуватися на великі відстані, в тому числі міжконтинентальні. Тому, забезпечення глобального зв'язку має вирішальне значення для постачання вантажів у чітко визначені терміни. Враховуючи вище наведене можна констатувати, що вагомим у цьому аспекті є надійність суднових радіолокаційних систем. Суднові радіолокаційні системи призначені для виявлення об'єктів та відображення отриманої інформації, зокрема відстані судна від суші, плавучих об'єктів та ін. Таким чином для надійної експлуатації радіолокаційних систем необхідно контролювати стан їх зовнішніх поверхонь, зокрема стійкість лакофарбового покриття до впливу зовнішнього агресивного середовища.

Результати досліджень. Для попередження корозійних процесів зовнішніх поверхонь радіолокаційних систем актуальним є використання полімерних покриттів, у тому числі на епоксидній основі. Тому, для створення полімерного лакофарбового покриття обрано наступні інгредієнти: епоксидний зв'язувач; твердник амінного типу; синтезований високовольтним електророзрядним синтезом наповнювач, що містить 70% Fe + 5% Ti + 20 % TiC + 5 % Fe_3C (ЗКТШ); нанодисперсний наповнювач рослинного походження (НРП). Оптимізацію вмісту різнодисперсних наповнювачів виконували за допомогою методу матиматичного планування експерименту з використанням прикладного пакету STATGRAPHICS® Centurion XVI.

Корозійну тривкість досліджували в природних умовах під впливом річкової води (t = 6552 год) і температури T = 263…293 ± 2 К. Для експериментальних досліджень використано дослідні зразки зі сталі Ст 2, розміром 90×90×2,0 мм на які нанесено покриття загальною площею 20 $см^2$. Товщина покриття становила – h = 700…800 мкм. Для проведення візуального аналізу дефектів використано 4 покриття, вміст інгредієнтів яких оптимізовано методом математичного планування експерименту:

– Покриття 1 – матриця (покриття без наповнювача);
– Покриття 2 – (ЗКТШ (0,025 мас.ч.) + НРП (10 мас.ч.));
– Покриття 3 – (ЗКТШ (0,050 мас.ч.) + НРП (20 мас.ч.));
– Покриття 4 – (ЗКТШ (0,050 мас.ч.) + НРП (10 мас.ч.)).

Візуальний аналіз поверхні захисних покриттів, які витримували в природних умовах під впливом річкової води дозволив виявити наступні дефекти. Не наповнена матриця (покриття 1) має дефекти у вигляді тріщин і відшарування. Вважали, що ненаповнені покриття характеризуються незначною механічною міцністю, внаслідок чого спостерігали розклинюючий ефект (ефект Ребіндера). Подібні дефекти спостерігали для покриття 3, що пов'язано із структурною неоднорідністю покриття. При цьому, присутня неоднорідність викликана перенасиченням наповнювача рослинного походження (за такого вмісту спостерігали зниження показників адгезійної і когезійної міцності). Візуальний аналіз покриття 2 і 4 не виявив ознак відшарування, розтріскування чи набухання, що вказує на достатньо високу захисну здатність розроблених полімерних матеріалів.

Висновки. На основі візуального аналізу поверхні покриттів, що випробовували впродовж τ = 6552 год у середовищі річкової води за температури T = 263…293 ± 2 К встановлено, що розроблені покриття 2 і 4 характеризуються підвищеними антикорозійними характеристиками, позаяк візуальний аналіз поверхні розроблених покриттів не виявив дефектів після випробовування.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

B
Babiy M. ***352***
Ben A. ***19***
Blatnický M. ***183***
Bosiuk T. ***349***
Butenko V. I. ***385***

D
Dižo J. ***183***
Dyagileva O. ***349***

G
*Gerlici Juraj.****7***
Ghita. B. ***198***
Gorbatyuk Ie. V. ***283***
Gritsuk I. ***198***
Gryshchenko M. ***13***
Gubin V. ***93***

H
Hordiienko D. A. ***287, 383***
Hritsuk V. ***198***
Hudz A. ***146***

I
Ishchuk V. ***183***

K
Kalashnyk G. A. ***187, 192***
Kalashnyk-Rybalko M. A. ***187***
Kravchenko O. ***7***
Kuhtina V. ***352***
Kulinich S. ***349***
Kyrychenko K. ***102***
Kyrylash O. ***93***

L
Łastowska O. ***286***
Lazariev V.O. ***11***
Lazarieva N. M. ***195***
Lazarieva O. O. ***11***
Litvinov M. ***198***
Lovska A. ***183***
Lytvynenko V. V. ***385***

M
Mamenko P. P. ***16***
Manuilenko O. V. ***385***
Mateichuk V. ***102***
Mateichyk V. ***198***
Maulevych V. ***93***

N
Nahrybelnyi Y. ***352***
Nerubatskyi V. P. ***287, 383***
Nosov P. S. ***16, 19, 102, 146, 349, 352***

O
Olefirenko O. ***13***
Onyshko D. ***102***

P
Pavlii K. V. ***385***
Plotnikov V. I. ***149***
Polishchuk O. ***198***
Ponomaryova V. P. ***16***
Prokhorenko E. M. ***385***
Prokhorenko T. G. ***385***
Prokopchuk Y. ***19***

R
Rex Afiakudue Medekong ***16***
Riabokon Y. O. ***75***

S
Shevchuk D. O. ***26***
Soshenko V. A. ***385***
Steniakin I. A ***26***
Sylwester KŁYSZ ***337***

T
Telepenko A. O. ***75***
Tenditna A. ***352***
Treshniuk A. I. ***355***

U
Ushkarenko O. O. ***355***

V
Varbanets R. ***93***
Vorobyov V. S. ***192***

Y
Yurzhenko A. ***349***

Z
Zajtsev B. V. ***385***
Zinchenko S. ***102***

А

Абрамов Г. С. ***358, 370***
Авраменко О. М. ***337***
Акбутаєв Т. Б. ***399***
Акіменко О. В. ***251***
Акімов О. В. ***294***
Алфімов В.О. ***294***
Андронова О. В. ***316***
Ардаковська О. В. ***296***
Аскерова В. В. ***223***

Б

Бабій М. В. ***326***
Безбах О. М. ***106, 153***
Безкровний В. О. ***153***
Безуглова І. В. ***106***
Бень А. П. ***29***
Бєлікова Н. В. ***142***
Блінцов В. С. ***110, 114***
Бодягін В. Ю. ***202***
Бойко М. І. ***388***
Болдирєва М. О. ***289***
Бондаренко А. В. ***318***
Бондаренко С. В. ***46***
Борчик Є. Ю. ***60***
Браїло М. В. ***399***
Брюховецький В. В. ***391***
Букетов А. В. ***292***
Булгаков О. Р. ***217***
Бурунін А. П. ***237***
Буруніна Ж. Ю. ***118***
Бурчак О. І. ***173***

В

Варбанець Р. А. ***121, 125***
Воробйов П. О. ***399***
Врублевський Н. Р. ***50***
Врублевський Р. Є. ***294***

Г

Гаража О. ***31***
Гітіс В. Б. ***34***
Гобатюк Т. П. ***210***
Горбачевський О. С. ***266***
Грицук І. В. ***139, 358***
Грищенко М. ***36***
Грудініна Г. С. ***206***
Губа Ю. В. ***243***
Гур'єв Б. Ю. ***220***
Гусєв Р. О. ***296***
Гущин І. В.

Д

Дамян Д. ***34***
Даниленко Д. О. ***395***
Данько Є. С. ***206***
Демчина В. Р. ***258***
Дранчук С. М. ***130***
Дудченко С. В. ***299***

Є

Єнчев С. В. ***210***
Єрмошкін М. Г. ***39, 304***

Ж

Жмур В. М. ***299***

З

Завадський В. А. ***130***
Зайцева Т. В. ***213***
Заіка В. О. ***251***
Запара В. М. ***217***
Запара Я. В. ***220***
Зеленська А. А. ***142***
Зінченко С. М. ***41, 55***
Зубарєв А. А. ***307***

І

Іванічев Б. В. ***399***
Ігнатенко О. А. ***342***
Ісайчєв А. Г. ***299***

К

Калашник Г. А. ***134, 137***
Калініна В. С. ***266***
Калініченко Г. Є. ***78***
Калініченко Є. В. ***78***
Камінська Н. Г. ***213***
Канаш О. Д. ***342***
Карамушка М. В. ***223***
Квасов П. В. ***243***
Кириченко К. В. ***41, 55, 106***
Кисельов М. В. ***316***
Кім К. В. ***243***
Кіріс О. В. ***318***
Кісєтов Ю. В. ***364***
Коваленко В. О. ***125***
Коваленко О. М. ***228***
Ковальчук М. В. ***46***
Козирєв І. П. ***318***
Козицький С. В. ***311***
Кондель В. М. ***235***
Коновалова Г. В. ***344***

Кононова О. Ю. ***367***
Корбан Д. В. ***156***
Корнієнко О. С. ***225***
Косотуров А. Г. ***39, 304***
Куклін В. М. ***370***
Курак В. В. ***316***
Кучеренко Ю. М. ***125***

Л
Лабунець В. О. ***39, 304***
Лазарєв О. В. ***374***
Левківська О. О. ***50***
Литвиненко В. В. ***391, 402***
Литовченко В. І. ***299***
Личкун С. О. ***217***
Ломакіна М. Є. ***89***
Ляшенко О. М. ***202, 240***

М
Магамадов О. Р. ***331***
Мадонич А. О. ***53***
Мазуренко Л. І. ***396***
Макаренко О. О. ***235***
Макарчук Д. В. ***299, 379***
Макогон А. В. ***388***
Малахов О. В. ***318***
Малащенко В. О. ***337***
Маменко П. П. ***41, 55***
Маркітан В. В. ***160***
Масалов Є. І. ***217***
Матейчук В. М. ***41***
Мачуга О. С. ***322***
Мельник І. В. ***228***
Мила Д. Є. ***391***
Минєєв А. А. ***307***
Мінчев Д. С. ***125***
Моісеєнко С. В. ***251***
Молчанов П. О. ***235***
Муравйов Г. М. ***163***

Н
Надточій В. А. ***237***
Надуєв А. А. ***134***
Найденов А. І. ***318***
Настасенко В. О. ***326***
Нікольський В. В. ***329***
Носов П. С. ***29, 41, 55***

О
Оберто Сантана Л. Е. ***78***
Обідін Д. М. ***53***
Олефіренко О. ***36***
Олійник К. М. ***137***

П
Павлова Н. Л. ***331***
Палагін О. М. ***318***
Пеньковська Н. С. ***53***
Передерій В. І. ***60***
Перникоза В. В. ***173***
Піх М. М. ***272***
Піщай Д. С. ***72***
Погорлецький Д. С. ***139, 333***
Погорлецький М. М. ***333***
Поливода В. В. ***252***
Починок А. В. ***228***
Прачик В. В. ***240***
Продащук С. М. ***243***
Прокудін Г. С. ***247***
Прокудін О. Г. ***247***
Прохоренко І. В. ***82***
Проценко В. О. ***326, 337, 339, 374***
Пустова С. ***379***

Р
Рак О. Л. ***391***
Рева О. М. ***55***
Редчиць Д. О. ***251***
Рябініна О. М. ***339***

С
Сабуцький І. П. ***110***
Сватко О. О. ***220***
Савченко М. О. ***252***
Сапронов О. О. ***399***
Сапронова А. В. ***399***
Сапронова Л. О. ***401***
Семікіна Т. В. ***228***
Сироїжка І. О. ***64***
Сіренька А. В. ***370***
Сіренька Т. О. ***358***
Скосар В. Ю. ***251***
Славич В. П. ***252***
Слободянюк М. В. ***329***
Соколов А. В. ***68***
Соколова Н. П. ***82***
Сорочук Н. І. ***340***
Сорочук Ю. О. ***340***
Соценко В. В. ***399***
Старцев О. М. ***86***
Степанчиков Д. М. ***268***
Стрельченко В. Ю. ***292***
Строганова Є. С. ***220***
Суркова К. В. ***89***

Т
Тарасов С. В. ***251***
Тернавська Т. А. ***89***
Терновський В. Б. ***178***
Тимошенко Н. А. ***82***
Тіосса М. В. ***252***
Трибулькевич В. В. ***118***
Тригуба А. М. ***258***
Троян Д. О. ***266***
Тугай С. Б. ***228***
Туз В. В. ***272***

У
Удовицький В. Г. ***402***

Ф
Федотов А. В. ***173***
Фісун М. Т. ***46***
Фомбо Ж. ***114***

Х
Харченко Р. Ю. ***130***
Хлопенко М. Я. ***262***
Хоботня Т. Г. ***247***
Худяков І. В. ***139***
Хуссейн Ю. М. ***70***

Ц
Цацко В. І. ***130***

Ч
Чабан О. Х. ***329***
Черемісін В. І. ***342***
Чернюк А. Ю. ***235***
Чернявський В. В. ***29***
Чудненко А. А. ***240***

Ш
Шалапай В. В. ***322***
Шапатіна О. О. ***266***
Шаранов В. Д. ***406***
Шарко А. О. ***268***
Шарко О. В. ***268***
Шевченко А. О. ***142***
Шевченко І. О. ***142***
Шевчук Д. ***31***
Шевчук Д. О. ***289***
Шкляр В. В. ***72***
Шульга Ю. М. ***292***

Щ
Щедролосєв О. В. ***344***

Ю
Юренін К. Ю. ***292***

Я
Яцишин М. М. ***272***

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА **4**

FOREWORD **5**

СЕКЦІЯ:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ **6**
SECTION:
INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE TRANSPORT INDUSTRY

FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF A RANGE OF SPARE PARTS FOR TRANSPORT ENTERPRISES **7**
Kravchenko O., Gerlici J.
University of Žilina (Slovak Republic)

TECHNOLOGY OF DATA PROCESSING FROM SENSORS FOR THE DETECTION OF GROUND OBJECTS FROM A UAV **11**
Lazariev V. O.[1], Lazarieva O. O.[2]
[1]National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»
[2]V. N. Karazin Kharkiv National University (Ukraine)

NEW APPROACH OF AIRLINE REVENUE MANAGEMENT SYSTEMS OPERATION **13**
Olefirenko O., Gryshchenko M.
National Aviation University (Kyiv, Ukraine)

DEVELOPMENT OF SMART GLASSES FOR SUPPORTING MARINER DECISION-MAKING WITH ECDIS DATA **16**
Ponomaryova V. P., Nosov P. S., Mamenko P. P., Rex Afiakudue Medekong
Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

PROBLEMS OF MEANING, UNDERSTANDING, COMPUTABILITY AND ADAPTABILITY IN ARTIFICIAL COGNITIVE SYSTEMS **19**
Prokopchuk Y.[1], Nosov P.[2], Ben A.[2]
[1]Institute of Technical Mechanics of NASU (Ukraine)
[2]Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

INFORMATION SYSTEM OF AN AIR TRANSPORT ENTERPRISE BASED ON INTELLIGENT TECHNOLOGIES **26**
Shevchuk D. O., Steniakin I. A
National aviation university (Ukraine)

СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ – НОВІ РЕАЛІЇ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО СУДНОВОДІННЯ **29**
Бень А. П., Чернявський В. В., Носов П. С.
Херсонська державна морська академія (м. Херсон)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ОРГАНІЗАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ **31**
Гаража О., Шевчук Д.
Національний авіаційній університет, Київ (Україна)

РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ЧАТ-БОТУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ **34**
Гітіс В. Б., Дамян Д.
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ КОМЕРЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ АВІАКОМПАНІЇ **36**
Грищенко М., Олефіренко О.
Національний авіаційній університет (м. Київ, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ГРЕБНИХ ГВИНТІВ **39**
Єрмошкін М. Г., Косотуров А. Г., Лабунець В. О.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія», (м.Одеса, Україна)

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ОСТІЙНОСТІ СУДНА **41**
Зінченко С. М., Матейчук В. М., Носов П. С., Маменко П. П., Кириченко К. В.
Херсонська державна морська академія (м. Херсон, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СКЛАДІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ **46**
Ковальчук М. В., Фісун М. Т., Бондаренко С. В.
Чорноморський національний університет імені Петра Могили (Україна)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЗНАХОДЖЕННЯ АСС ФАКТОРУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ЦИЛІНДРОВОГО МАСЛА **50**
Левківська О. О., Врублевський Н. Р.
Відокремлений структурний підрозділ «Морський фаховий коледж» Херсонської державної морської академії» (Україна)

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ В УМОВАХ ПОТОКУ ВІДМОВ **53**
Мадонич А. О., Пеньковська Н. С., Обідін Д. М.
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Україна)

ВСТАНОВЛЕННЯ СПЕКТРУ ХАРАКТЕРНИХ ЧИННИКІВ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ **55**
Маменко П. П.[1], Рева О. М.[2], Зінченко С. М.[1], Носов П. С.[1], Кириченко К. В.[1]
[1]Херсонська державна морська академія.
[2]Український інститут науково-технічної експертизи та інформації (Україна)

ОЦІНКА ТА КОРЕКЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ СУДНОВОДІЄМ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ **60**
Передерій В. І.[1], Борчик Є. Ю.[2]
[1]Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, д.т.н., професор кафедри комп'ютерних технологій і інформаційної безпеки (Україна)
[2]Миколаївський національний аграрний університет, к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій (Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ **64**
Сироїжка І. О.
Льотна академія Національного авіаційного Університету (Україна)

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ФОРМУВАННЯ ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ **68**
Соколов А. В.
Херсонська державна морська академія (м. Херсон)

АКТУАЛЬНІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОРТОВИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ З АВТОНОМНИМИ СУДНАМИ **70**
Хуссейн Ю. М.
Інституту водного транспорту Державного університету інфраструктури і технологій (м. Київ, Україна)

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СЕКТОРІ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ **72**
Шкляр В. В., Піщай Д. С.
Державний університет інфраструктури та технологій (Україна)

СЕКЦІЯ:
ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ Й ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ **74**
SECTION:
SIMULATOR SYSTEMS AND HUMAN FACTOR IN TRANSPORT

BENEFITS OF SIMULATORS: THE VITAL ROLE OF TRAINING SIMULATORS IN AVIATION EDUCATION **75**
Riabokon Y. O., Telepenko A. O.
National Aviation University (Ukraine)

IMPACT OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES ON THE PROFESSIONAL TRAINING OF NAVIGATORS **78**
Калініченко Є. В., Калініченко Г. Є., Оберто Сантана Л. Е.
Одеський національний морський університет (Україна)
R. Sharov - First-class Master, Assoc. Prof. (Ukraine)

КОГНІТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОПЕРЕДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ОСОБЛИВИХ СИТУАЦІЙ У ПОЛЬОТІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ **82**
Прохоренко І. В., Тимошенко Н. А., Соколова Н .П.
Національний авіаційний університет (Україна)

ВПРОВАДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИМУЛЯТОРІВ У ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ, ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА **86**
Старцев О. М.
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

ФАКТОРИ УСПІШНОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ДИСПЕТЧЕРІВ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ **89**
Суркова К. В., Ломакіна М. Є., Тернавська Т. А.
Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

СЕКЦІЯ:
КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА Й ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ **92**
SECTION:
CONTROL, DIAGNOSTICS AND DECISION-MAKING IN MANAGING MOVING OBJECTS

NO_x POLLUTION AND SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION (SCR) REACTORS FOR SHIPS **93**
Maulevych V., Varbanets R., Kyrylash O., Gubin V.
Odesa National Maritime University

APPROACHES TO USING QUADCOPTERS FOR SHIP ESCORTING TO AVOID PROBABLE COLLISIONS **102**
Onyshko D., Nosov P., Zinchenko S., Mateichuk V., Kyrychenko K.
Kherson State Maritime Academy

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ НА ПРОЕКТНИЙ ІНДЕКС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУДЕН **106**
Безбах О. М., Безуглова І. В., Кириченко К. В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

РОБОТИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ МІЛКОВОДНИХ АКВАТОРІЙ: ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА ВИМОГИ ДО СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НИМИ **110**
Блінцов В. С., Сабуцький І. П.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

АВТОНОМНИЙ НЕНАСЕЛЕНИЙ ПІДВОДНИЙ АПАРАТ З РАДІОБУЄМ: ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ **114**
Блінцов В. С., Фомбо Ж.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

СИСТЕМА РОБОТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ЗАХИЩЕНОЇ АКВАТОРІЇ **118**
Буруніна Ж. Ю., Трибулькевич В. В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

ДІЯЛЬНІСТЬ КАФЕДРИ «СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ». СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ДОКТОРСЬКОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 05.05.03 – ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ **121**
Варбанець Р. А.
Одеський національний морський університет

ДІАГНОСТУВАННЯ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0 **125**
Варбанець Р. А., Мінчев Д. С., Кучеренко Ю. М., Коваленко В. О.
Одеський національний морський університет

МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ СУДНА ЗА ДОПОМОГОЮ КОНВЕЄРНИХ ВАГ **130**
Дранчук С. М.[1], Завадський В. А.[2], Харченко Р. Ю.[2], Цацко В. І.[1]
[1]Одеський національний морський університет (Україна)
[2]Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)

ПЕРСПЕКТИВНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ GPS-ПОЗИЦІОНУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНИХ ЕФЕКТІВ ТА ПАРАМЕТРІВ ІОНОСФЕРИ **134**
Надуєв А. А., Калашник Г. А.
Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ **137**
Олійник К. М., Калашник Г. А.
Льотна академія національного авіаційного університету (Україна)

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОМПЛЕКСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ **139**
Худяков І. В., Грицук І. В., Погорлецький Д. С.
Херсонська державна морська академія (Україна)

КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЦІ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ РУХОМОГО СКЛАДУ **142**
Шевченко А. О., Зеленська А. А., Шевченко І. О., Бєлікова Н. В.
Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА **145**
SECTION:
SAFETY OF NAVIGATION

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF TRANSITIONING FROM PAPER-BASED TO ELECTRONIC WORK PERMIT SYSTEMS IN THE CONTEXT OF SHIPBOARD TECHNICAL SYSTEMS AND COMPLEXES **146**
Hudz A., Nosov P.
Kherson State Maritime Academy

IMPLEMENTATION OF E-NAVIGATION CONCEPT **149**
Plotnikov V. I.
Kherson State Maritime Academy (Ukraine)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СУДНОВОДІННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ **153**
Безбах О. М., Безкровний В. О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ВПЛИВ МОРСЬКОЇ ПОВЕРХНІ НА РАДІОЛОКАЦІЙНЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ СУДНОВИМ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМ КОМПЛЕКСОМ **156**
Корбан Д. В.
Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАЦІЙ МАСОВОГО РЯТУВАННЯ НА МОРІ **160**
Маркітан В. В.
Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)

ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ МІЛКОВОДДЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВОРОТКОСТІ ПРИ ПЛАНУВАННІ ШЛЯХУ В ПРИБЕРЕЖНОМУ ПЛАВАННІ АВТОНОМНОГО СУДНА **163**
Муравйов Г. М.
Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ВЕЛИКОГО КОНТЕЙНЕРОВОЗА З ВИБОРОМ МАРШРУТУ ЧЕРЕЗ ОКЕАН, ВПЛИВ ПАРАМЕТРИЧНОЇ КАЧКИ ТА ПОВЕДІНКА СУДНА НА ВИСОКИХ ХВИЛЯХ **173**
Перникоза В. В., Бурчак О. І., Федотов А. В.
Національний Університет «Одеська Морська Академія», (Україна)

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ГАБАРИТІВ СУДНА ВІДНОСНО ОПОР МОСТУ **178**
Терновський В. Б.
Одеський національний морський університет (Україна)

СЕКЦІЯ:
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ **182**
SECTION:
INFORMATION TECHNOLOGIES, SYSTEM ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELLING OF COMPLEX OBJECTS

ANALISIS OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF VARIOUS WAGON TYPES FOR INTERMODAL TRANSPORT BY MEANS OF COMPUTER SIMULATIONS **183**
Ishchuk V., Dižo J., Lovska A., Blatnický M.
University of Žilina (Slovak Republic)

INCREASING THE ACCURACY OF DETERMINING AN AIRCRAFT'S LOCATION USING GRAVITATIONAL FIELD PARAMETERS **187**
Kalashnyk G. A., Kalashnyk-Rybalko M. A.
Flight Academy of the National Aviation University (Ukraine)

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF REMOTE MONITORING SYSTEMS OF FOREST FIRES FOCI **192**
Kalashnyk G. A., Vorobyov V. S.
Flight Academy of the National Aviation University (Ukraine)

INTERPRETATION OF CURRENT SITUATIONS BY THE HIERARCHICAL NEURO-FUSSY SYSTEM OF WAGONS SPEED CONTROL **195**
Lazarieva N. M.
Kharkiv National University of Radio Electronics (Ukraine)

FORMATION OF THE DATA FLOW DIAGRAM OF THE INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING OF A SHIP POWER PLANT **198**
Mateichyk V. [1], Gritsuk I. [2], Ghita. [3], Polishchuk O.[2], Litvinov M. [4], Hritsuk V. [5]
[1]Rzeszów University of Technology, Poland
[2]Kherson State Maritime Academy, Ukraine
[3]School of Engineering, Computing and Mathematics (Faculty of Science and Engineering), University of Plymouth, United Kingdom
[4]ADNOC HQ, Abu Dhabi, UAE
[5]Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ НАВЧАЛЬНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ УНІВЕРСИТЕТУ **202**
Бодягін В. Ю., Ляшенко О. М.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ РУХУ АВТОНОМНОГО БЕЗПІЛОТНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО КЛАСІВ **206**
Грудініна Г. С., Данько Є. С.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. (Україна)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВІАЦІЙНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЦИКЛОКОНВЕНТОРНОГО ТИПУ **210**
Єнчев С. В., Гобатюк Т. П.
Національний авіаційний університет (Україна)

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ОСВІТИ. АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРОФЕСІЙНО СПРЯМОВАНИХ ЗАДАЧ МОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ **213**
Зайцева Т. В., Камінська Н. Г.
Херсонська державна морська академія (Україна)

РЕАЛІЗАЦІЯ ВАГОНІВ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» ЧЕРЕЗ ЕТС «ПРОЗОРРО. ПРОДАЖІ» ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЦІНОУТВОРЕННЯ ЗА ПОСЛУГИ ЗАЛІЗНИЦІ **217**
Запара В. М., Булгаков О. Р., Личкун С. О., Масалов Є. І.
Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ РОБОТИ ІЗ КОНТЕЙНЕРНИМИ ПОЇЗДАМИ **220**
Запара Я. В., Гур'єв Б. Ю., Сватко О. О., Строганова Є. С.
Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

РЕВОЛЮЦІЯ Е-НАВІГАЦІЇ: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОПЛАВСТВІ ТА ЇХ МАЙБУТНЄ **223**
Карамушка М. В., Аскерова В. В.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ AR/VR ТЕХНОЛОГІЙ НА ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ СТУДЕНТІВ **225**
Корнієнко О. С.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

МЕТОДИ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ТА ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ГРАНИЧНОЇ ТРАЄКТОРІЇ КОРОТКОФОКУСНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКА, ЯКИЙ ФОРМУЄТЬСЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ГАРМАТАМИ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ, З ВИКОРИСТАННЯМ КОРНЕ-ПОЛІНОМІАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ **228**
Мельник І. В.[1], Тугай С. Б. [1], Коваленко О. М.[1] Починок А. В.[2], Семікіна Т. В.[3]
[1]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна)
[2]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут Електроніки та Мікросистемної Техніки (IEMT) (м. Київ, Україна)
[3]Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лошкарьова НАН України (м. Київ, Україна)

РОЛЬ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ **235**
Молчанов П. О., Кондель В. М., Чернюк А. Ю., Макаренко О. О.
Полтавського національного педагогічного університету імені
В. Г. Короленка (Україна)

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИМ НАДВОДНИМ КАТЕРОМ ЯК НОСІЄМ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ **237**
Надточій В. А.[1], Бурунін А. П.[2]
[1]Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування ім. Макарова (Україна)
[2]Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКАХ **240**
Прачик В. В., Чудненко А. А., Ляшенко О. М.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ **243**
Продащук С. М., Кім К. В., Квасов П. В., Губа Ю. В.
Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕОДНОРІНИХ ВАНТАЖІВ **247**
Прокудін Г. С., Прокудін О. Г., Хоботня Т. Г.
Національний транспортний університет (Україна)

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБТІКАННЯ РОТОРА ДАР'Є ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ **251**
Редчиць Д. О.[1], Тарасов С. В.[1], Скосар В. Ю.[1], Моісеєнко С. В.[2], Акіменко О. В.[1], Заіка В. О.[1]
[1]Інститут транспортних систем і технологій НАН України (Україна)
[2]Херсонський національний технічний університет (Україна)

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПОТОКОМ В СИСТЕМІ РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ **252**
Славич В. П., Савченко М. О.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ПІД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ПЛАТФОРМІ АВТОМАТИЗАЦІЇ CODESYS **254**
Тіосса М. В., Поливода В. В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ПІДХІД ДО ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД НА ОСНОВІ ФРЕЙМВОРКУ OPENSTREETMAP **258**
Тригуба А. М.[1], Демчина В. Р.[2]
[1]Львівський національний університет природокристування (Україна)
[2]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ З ЕТАЛОННОЮ МОДЕЛЛЮ ТА ЧАСТОТНО КЕРОВАНИМ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ СУДНОВОГО ПІДРУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ **262**
Хлопенко М. Я.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЮ ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ **266**
Шапатіна О. О., Троян Д. О., Горбачевський О. С., Калініна В. С.
Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ПІДХІД ПРИ МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ВІТРОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ МІСЦЕВОСТІ **268**
Шарко О. В.[1], Степанчиков Д. М.[2], Шарко А. О.[3]
[1]Херсонська державна морська академія (Україна)
[2]Херсонський національний технічний університет (Україна)
[3]Технічний університет в Ліберці (Чехія)

РОЗРОБКА БІЗНЕС-МОДЕЛІ CANVAS ДЛЯ ДОДАТКУ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я **272**
Яцишин М. М., Піх М. М., Туз В. В.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)

СЕКЦІЯ:
ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ **282**
SECTION:
RELIABILITY AND ENERGY SAVING, ENVIRONMENTAL SAFETY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

HYDRAULIC SYSTEM OF EARTH-MOVING MACHINE IS EQUIPPED WITH HYDRAULIC ENERGY ACCUMULATOR **283**
Gorbatyuk Ie. V.
Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

THE INNOVATIVE POST-WELD FINISHING METHOD: TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION POTENTIAL **286**
Łastowska O.
Gdynia Maritime University (Poland)

METHODS FOR IMPLEMENTING RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT **287**
Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A.
Ukrainian State University of Railway Transport (Ukraine)

СВІТОВА ДИНАМІКА ЗРОСТАННЯ ЕКОАЕРОПОРТІВ **289**
Болдирєва М. О., Шевчук Д. О.
Національний авіаційний університет (Україна)

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НОВІТНІМИ ЕПОКСИПЛАСТАМИ **292**
Букетов А. В., Шульга Ю. М., Стрельченко В. Ю., Юренін К. Ю.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДОВИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ ОЧИЩЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВМІСТУ АЛЮМОСИЛІКАТІВ У ПАЛИВІ **294**
Врублевський Р. Є., Акімов О. В., Алфімов В.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ У ВМС ЗС УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ **296**
Гусєв Р. О., Ардаковська О. В.
Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум» Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОГО МАРШРУТУ ПЕРЕХОДУ СУДЕН З УРАХУВАННЯМ ПРОГНОЗУ ПОГОДНИХ УМОВ ТА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА **299**
Дудченко С. В., Макарчук Д. В., Литовченко В. І., Ісайчєв А. Г., Жмур В. М.
Херсонська державна морська академія (Україна)

АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШВИДКІСНИХ ПОРОМІВ ІЗ ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ І ГАЗОВИМИ ТУРБІНАМИ **304**
Єрмошкін Н. Г., Лабунець В. О., Косотуров А. Г.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія», м.Одеса, (Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ СУДНОВИХ ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОРІВ УТИЛІЗАЦІЄЮ ТЕПЛОТИ **307**
Зубарєв А. А., Минєєв А. А.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (м. Миколаїв, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ **311**
Козицький С. В.
Національний університет Одеська Морська Академія (Україна)

ЗАКОНОМІРНОСТІ НАДХОДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ДО ПОВЕРХОНЬ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ **316**
Курак В. В., Андронова О. В., Кисельов М. В.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

СПЕЦИФІКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГНУЧКИХ ТРУБОПРОВОДІВ НА МОРСЬКІЙ ПОВЕРХНІ ПІД ЧАС РОБОТИ СУДЕН ОФШОРНОГО ФЛОТУ **318**
Малахов О. В., Кіріс О. В., Бондаренко А. В., Козирєв І. П., Палагін О. М., Найденов А. І.
Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)

НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ КОНТАКТНОЇ ПАРИ ГІДРОПРИВОДУ «ГІДРОЦИЛІНДР – УЩІЛЬНЕННЯ ПОРШНЯ» **322**
Мачуга О. С., Шалапай В. В.
Національний лісотехнічний університет України (Україна)

ВУГІЛЬНІ ПАЛИВА ЯК ТУПИКОВИЙ ШЛЯХ РОЗВИТКУ СУДНОВИХ ПАЛИВ **326**
Настасенко В. О.[1], Бабій М. В.[1], Проценко В. О.[2]
[1]Херсонська державна морська академія (Україна)
[2]Херсонський національний технічний університет (Україна)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГАСІННЯ ХВИЛЬ НА ПОВЕРХНІ РІДИНИ ЕКРАНАМИ З ОДНОСТОРОННЬОЮ ПРОНИКНІСТЮ **329**
Нікольський В. В.[1], Слободянюк М. В.[2], Чабан О. Х.[2]
[1]Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)
[2]Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ У СФЕРІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ МОРСЬКИХ ПОРТІВ **331**
Павлова Н. Л., Магамадов О. Р.
Одеський національний морський університет (Україна)

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СУДНОВОГО ДВИГУНА MAN B&W СЕРІЇ S60MC ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ **333**
Погорлецький Д. С., Погорлецький М. М.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ПРУЖНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬКОВОЇ ОБГІННО-ЗАПОБІЖНОЇ МУФТИ ПРИ СПРАЦЬОВУВАННІ ЗАПОБІЖНОЇ ЧАСТИНИ **337**
Проценко В. О.[1], Малащенко В. О.[2], Sylwester KŁYSZ3[4], Авраменко О. М.[2]
[1]Херсонський національний технічний університет (Україна)
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)
[3]University of Warmia and Mazury, Olsztyn
[4]Air Force Institute of Technology, Warszawa (Poland)

НАДЛИШКОВІ ЗВ'ЯЗКИ В ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМАХ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИХ І ТРАНСПОРТНИХ МАШИН **339**
Проценко В. О.[1], Рябініна О. М.[2]
[1]Херсонський національний технічний університет (Україна)
[2]Херсонський політехнічний коледж національного університету «Одеська політехніка» (Україна)

ОЦІНКА ШКОДИ, ЗАВДАНОЇ ЗЕМЕЛЬНИМ РЕСУРСАМ ВОДНОГО ТА ПРИРОДООХОРОННОГО ФОНДІВ УКРАЇНИ В ХОДІ РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ **340**
Сорочук Н. І., Сорочук Ю. О.
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків, Україна)

ТЕРМОДИНАМІЧНА ОЦІНКА РЕЗЕРВІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ КОРАБЕЛЬНИХ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК **342**
Черемісін В. І., Ігнатенко О.А., Канаш О. Д.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (Україна)

БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ПІДІГРІВУ НАФТОВАНТАЖІВ НА НАЛИВНИХ СУДНАХ **344**
Щедролосєв О. В., Коновалова Г. В.
Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

СЕКЦІЯ: **348**
КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ
SECTION:
COMPETENCE-BASED APPROACH IN TRAINING TRANSPORT INDUSTRY PROFESSIONALS

INTEGRATION OF OLP OTG AND LABSTER PLATFORMS INTO LMS MOODLE: IMPACT ON EDUCATIONAL QUALITY AND STUDENT PROFESSIONAL SKILLS **349**
Nosov P., Dyagileva O., Yurzhenko A., Kulinich S., Bosiuk T.
Kherson State Maritime Academy

AUTOMATING EDUCATIONAL PROCESSES AT KHERSON STATE MARITIME ACADEMY: CHALLENGES, IMPLEMENTATION, AND FUTURE PROSPECTS **352**
Nosov P., Nahrybelnyi Y., Babiy M., Kuhtina V., Tenditna A.
Kherson State Maritime Academy

PECULIARITIES OF USAGE THE PHYSICAL MODELING OF SHIP ELECTRIC POWER SYSTEMS IN THE EDUCATIONAL PROCESS **355**
Ushkarenko O. O., Treshniuk A. I.
Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Ukraine)

ПРО ЕВОЛЮЦІЮ РЕКУРЕНТНИХ НЕЙРОННИХ СИСТЕМ **358**
Абрамов Г. С.[1], Гущин І. В.[2], Сіренька Т. О.[2]
[1]Херсонська державна морська академія (Україна)
[2]Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (Україна)

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ **364**
Кісєтов Ю. В.
Національний університет кораблебудування (Україна)

КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД ТА ЙОГО РОЛЬ У ПІДВИЩЕННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ МАЙБУТНІХ СУДНОМЕХАНІКІВ **367**
Кононова О. Ю.
ВСП «Морський фаховий коледж Херсонської державної морської академії» (Україна)

ФІЛОСОФСЬКІ АСПЕКТИ В СИСТЕМІ ОПИСУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ **370**
Куклін В. М.[1], Сіренька А. В.[2], Абрамов Г. С.[3]
[1]Харківський національний університет ім. В.Н.Каразина (Україна)
[2]«Енергоекологія» (Україна, м.Харків)
[3]Херсонська державна морська академія (Україна)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ У СУЧАСНИХ УМОВАХ **374**
Лазарєв О. В.
Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОСВІТИ УКРАЇНИ **376**
Проценко В. О.
Херсонський національний технічний університет (Україна)

ВПРОВАДЖЕННЯ МАРШРУТНИХ ЗАДАЧ ПРИ ВИКЛАДАННІ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ «ЕКОЛОГІЯТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА» ДЛЯ СУДНОВОДІЇВ **379**
Пустова С., Макарчук Д.
Херсонської державної морської академії (Україна)

СЕКЦІЯ: ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ «ЗЕЛЕНОГО» ТРАНСПОРТУ: ДЖЕРЕЛА ТА НАКОПИЧУВАЧІ ЕНЕРГІЇ, НОВІТНІ МАТЕРІАЛИ, БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ **382**
SECTION: IMPLEMENTING "GREEN TRANSPORT": ENERGY SOURCES AND STORAGE DEVICES, LATEST MATERIALS, OPERATIONAL SAFETY

APPLICATION OF ENERGY STORAGES ON SUBURBAN ELECTRIC ROLLING STOCK **383**
Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A.
Ukrainian State University of Railway Transport (Ukraine)

RESEARCH OF CHANGES IN THE STRUCTURE OF TUNGSTEN, WHICH TAKE PLACE AT HIS APPLICATION IN THERMONUCLEAR REACTORS **385**
Prokhorenko E. M. [1], Lytvynenko V. V.[1], Manuilenko O. V.[2,4], Pavlii K. V.[2], Zajtsev B. V.[2], Soshenko V. A.[2], Butenko V. I.[2], Prokhorenko T.G.[3]
[1]Institute of Electrophysics and Radiation Technologies NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
[2]NSC "Kharkov Institute of Physics and Technology", Kharkiv, Ukraine;
[3]Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
[4]V.N.Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

МЕТОД ОБРОБКИ РІДИН ЗА ДОПОМОГОЮ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІМПУЛЬСНИХ РОЗРЯДІВ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД **388**
Бойко М. І.[1], Макогон А. В.[2]
[1]Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Україна)
[2]Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України

ЗАСТОСУВАННЯ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ОПРОМІНЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СУДНОБУДУВАННІ **391**
Брюховецький В. В.[1], Литвиненко В. В.[1], Мила Д. Є.[1], Рак О. Л.[2]
[1]Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України (Україна)
[2]ННЦ «Харківський фізики-технічний інститут» НАН України (Україна)

РОЗРОБКА ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ **395**
Даниленко Д. О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ В УКРАЇНІ: ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ І ПРАВОВІ ОСНОВИ **396**
Мазуренко Л. І.
Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса (Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ **399**
Сапронов О. О., Соценко В. В., Сапронова А. В., Воробйов П. О., Браїло М. В., Акбутаєв Т. Б., Іванічев Б. В.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ **401**
Сапронова Л. О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ І СУПУТНІ ПРОБЛЕМИ ШКІДЛИВОСТІ ЇХ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ **402**
Удовицький В. Г., Литвиненко В. В.
Інститут електрофізики та радіаційних технологій НАН України

РОЗРОБЛЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ СУДНОВОГО РАДІОНАВІГАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ **406**
Шаранов В. Д.
Херсонська державна морська академія (Україна)

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК **407**

ЗМІСТ **411**

ДЛЯ НОТАТОК

Збірник матеріалів
XVI Міжнародної науково-практичної конференції

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

MINTT – 2024

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Врублевська Г. А.*
Друк, фальцювально-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 19.05.2024. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 26,63. Тираж 120 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4319 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20