

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

*Науковий журнал*

**ВИПУСК 2(7), 2020**

*Заснований у жовтні 2016 року*



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2020

ОДЕСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 2(7)  
2020

Заснований у жовтні 2016 року

Виходить 4 рази на рік

Свідоцтво Міністерства юстиції України  
про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 22494-12394 ПР від 04.10.2016 р.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 1188 від 24.09.2020 р.  
(додаток 5) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі економічних та технічних наук (051 – Економіка, 073 – Менеджмент, 133 – Галузеве машинобудування, 271 – Річковий та морський транспорт, 275 – Транспортні технології (за видами)).

Засновник:  
Одеський національний морський університет  
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34

Редакційна колегія:

Головний редактор – д.т.н., проф. *Руденко С.В.*  
Заступник головного редактора – к.т.н., доц. *Немчук О.О.*  
Відповідальний секретар – к.е.н., доц. *Мельников С.В.*

Члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. *Варбанець Р.А.*, ОНМУ;  
д.т.н., проф. *Дубровський М.П.*, ОНМУ;  
д.т.н., проф. *Єзунов К.В.*, ОНМУ;  
д.е.н., проф. *Постан М.Я.*, ОНМУ;  
д.е.н., проф. *Ланкіна І.О.*, ОНМУ;

д.т.н., доц. *Пітерська В.М.*, ОНМУ;  
д.т.н., проф. *Шахов А.В.*, ОНМУ;  
д.т.н., доц. *Кириллова О.В.*, ОНМУ;  
*Філіна-Давідович Л.С.*, PhD, DSc,  
Західнопоморський технологічний  
університет у Щецині, Польща.

Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеського національного морського університету  
(протокол № 4 від 25 листопада 2020 р.)

Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей.

Висловлені у цих статтях думки можуть не збігатися з точкою зору редакційної колегії, не покладають на неї ніяких зобов'язань.  
Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

ODESSA  
NATIONAL MARITIME UNIVERSITY

# TRANSPORT DEVELOPMENT

*Scientific journal*

**ISSUE 2(7), 2020**

*Founded in October 2016*



Publishing House  
"Helvetica"  
2020

**ODESSA  
NATIONAL MARITIME UNIVERSITY  
TRANSPORT DEVELOPMENT  
SCIENTIFIC JOURNAL**

**№ 2(7)  
2020**

**Founded in October 2016**

**Frequency: four times a year**

Certificate of state registration of the print media issued by the Ministry of Justice of Ukraine  
Series KB № 22494-12394 IIP dated 04.10.2016

Pursuant to the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 1188  
dated 24.09.2020 (Appendix 5), the journal is included in the List of scientific professional  
publications of Ukraine (category "B") in the field of economic and technical sciences  
(051 – Economics, 073 – Management, 133 – Industry engineering,  
271 – River and sea transport, 275 – Transport technologies (by type).

**Founder:**

Odessa National Maritime University  
Ukraine, 65029, Odesa, 34 Mechnykova St.

**Editorial Board:**

**Editor-in Chief: Doctor of Engineering, Professor *Rudenko S.V.***  
**Deputy Editor-in Chief: PhD in Engineering, Associate Professor *Nemchuk O.O.***  
**Executive Secretary: PhD in Economics, Associate Professor *Melnykov S.V.***

**Editorial Board Members:**

<b>Doctor of Engineering, Prof. <i>Varbanets R.A.</i>, ONMU;</b>	<b>Doctor of Engineering, Associate Professor <i>Piterska V.M.</i>, ONMU;</b>
<b>Doctor of Engineering, Prof. <i>Dubrovskiy M.P.</i>, ONMU;</b>	<b>Doctor of Engineering, Prof. <i>Shakhov A.V.</i>, ONMU;</b>
<b>Doctor of Engineering, Prof. <i>Yehupov K.V.</i>, ONMU;</b>	<b>Doctor of Engineering, Associate Professor <i>Kirillova O.V.</i>, ONMU;</b>
<b>Doctor of Engineering, Prof. <i>Postan M.Ia.</i>, ONMU;</b>	<b><i>Filina-Davidovych L.S.</i>, PhD, DSc, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland.</b>
<b>Doctor of Engineering, Prof. <i>Lapkina I.O.</i>, ONMU;</b>	

Recommended for printing by the Academic Council of Odessa National Maritime University  
(Minutes No 4 dated November 25, 2020)

Authors are responsible for the reliability of facts, quotes, proper names, geographical names,  
names of enterprises, organizations, institutions and other information.

The Editorial Board may not share the authors' opinion  
and assumes no responsibility for the content of manuscripts.

Reprinting and translation are allowed with the consent of author and editors.

The articles were checked for plagiarism using the software *StrikePlagiarism.com*  
developed by the Polish company *Plagiat.pl*.

**ISSN 2616-7360**

© Odessa National Maritime University, 2020

**З М І С Т**

---

---

**ЕКОНОМІКА**

**О.В. Іванишин**

Підвищення ефективності і соціальної корисності транспортної логістики  
МХП за допомогою інноваційної системи АВМ Rinkai TMS.....7

**В.М. Сукманюк**

Економіко-правова модель державно-приватного партнерства  
в залізничній галузі України.....17

**МЕНЕДЖМЕНТ**

**Т.А. Ковтун**

Особливості визначення строку окупності проєкту екологістичної системи.....30

**Р.С. Лисак**

Аналіз впровадження проєктів і програм безпеки транспортного комплексу.....42

**Н.Л. Павлова**

Сіткова модель процесу організації доставки вантажів у контейнерах.....52

**ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

**V.R. Mandryka, V.M. Krasnokutskyi, O.O. Ostroverkh**

Investigation of dynamic loading of tractors with volumetric hydraulic drive.....60

**О.Є. Скворчевський**

Перспективи використання моделі даних NATO CALS в інноваційному  
машинобудуванні країн Балтійсько-чорноморського регіону.....73

**РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ**

**А.Г. Данилян, І.З. Маслов, Н.Б. Тірон-Воробйова**

Екологія та економія дизельного палива в науковому огляді  
нових технологій його спалювання.....86

**ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)**

**Д.Г. Круглий, О.О. Дружинін, А.В. Соколов**

Використання річкових інформаційних систем як засіб  
безпечного маневрування суден.....98

**В.С. Мойсєенко**

Визначення небезпечних дій операторів офшорного судна під час використання  
лазерно-оптичної системи опорного позиціонування.....111

**О.О. Шишкіна, О.О. Шишкін**

Особливості роботи дрібнозернистих бетонів, призначених  
для гідротехнічних споруд, під дією негативних і знакозмінних температур.....124

CONTENTS

---

---

**ECONOMY**

- O.V. Ivanyshyn**  
Increasing the efficiency and social benefits of MHP transport logistics  
with the help of ABM Rinkai TMS innovative system.....7
- V.M. Sukmaniuk**  
Economic-legal model of public-private partnership  
in the railway industry of Ukraine.....17

**MANAGEMENT**

- T.A. Kovtun**  
Peculiarities of determining the discounted payback period  
of the eco-logistic system project.....30
- R.S. Lysak**  
Implementation analysis of projects and programs  
of the transport complex's safety.....42
- N.L. Pavlova**  
Network model of the process of organization of cargos delivery in containers.....52

**INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING**

- V.R. Mandryka, V.M. Krasnokutskyi, O.O. Ostroverkh**  
Investigation of dynamic loading of tractors with volumetric hydraulic drive.....60
- A.E. Skvorchevsky**  
The prospects of the NATO CALS data model usage  
in innovative mechanical engineering of the Baltic-Black Sea region.....73

**RIVER AND SEA TRANSPORT**

- A.H. Danylyan, I.Z. Maslov, N.B. Tiron-Vorobiova**  
Ecology and savings of diesel fuel in the scientific review  
of new technologies of its combustion.....86

**TRANSPORT TECHNOLOGIES (BY TYPE)**

- D.H. Kruhlyi, O.O. Druzhynyn, A.V. Sokolov**  
Use of river information systems as a means of safe maneuvering of vessels.....98
- V.S. Moiseienko**  
Determination of dangerous actions of offshore vessel operators during use  
of laser-optical positioning reference system.....111
- O.O. Shyshkina, O.O. Shyshkin**  
Peculiarities of work of fine-grain concrete, intended for hydrotechnical structures,  
under the action of negative and changing temperatures.....124

## ЕКОНОМІКА

УДК 330.711:338.1

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2020.2-7.01>

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ І СОЦІАЛЬНОЇ КОРИСНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ МХП ЗА ДОПОМОГОЮ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ABM RINKAI TMS

**О.В. Іванишин**

аспірант,

Національний університет біотехнологій і природокористування, Київ, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-4980-319X

#### *Анотація*

**Вступ.** Наразі спостерігається зміна глобального тренду логістики в Україні в бік сталого та якісного розвитку. Це дозволить реалізувати величезний логістичний потенціал України, перетворити логістику в галузь національної економіки, яка сприятиме підвищенню конкурентоспроможності й прибутковості вітчизняних підприємств.

Визначено, що управління власним і найманим транспортом підприємства проводиться за допомогою інноваційної системи ABM Rinkai TMS і містить економію транспортних витрат за 3 модулями: план, факт, аналіз відхилень. Встановлено, що використання системи моніторингу й управління транспортом надає всі основні функції, необхідні для спрощення повсякденних операцій з управління доставленням.

**Предмет дослідження.** Процеси роботи системи TMS ABM Rinkai, запропоновані з метою підвищення ефективності управління транспортом, доступності, прозорості й оптимізації всього процесу логістики.

**Мета статті** – дослідження переваг інноваційної системи транспортної логістики ABM RINKAI TMS МХП для підвищення якості, ефективності й соціальної корисності.

**Результати роботи.** Розглядаючи логістичні інновації, не можна оминути новітні логістичні технології, які застосовуються в плануванні й інформаційному забезпеченні, що необхідне для ефективного використання транспортної та логістичної інфраструктур та електронної обробки даних, автоматизації виробництва й впровадження інших нових досягнень для вдосконалення структури інформаційних потоків.

Пропозиції ABM Rinkai Rinkai TMS: діагностика й виявлення «вузьких місць»; оптимізація процесів планування торгових маршрутів, контролю та аналізу ефективності транспортної логістики; впровадження автоматичного планування маршрутів доставлення на підставі наявних замовлень та автомобілів з урахуванням різних обмежень, економія транспортних витрат.

*Визначені ефекти транспортної логістики з ABM Rinkai TMS: підвищення ефективності використання транспорту; зниження транспортних витрат; мінімізація необхідного автопарку; скорочення сумарного кілометражу; збільшення кількості обслуговуваних клієнтів за маршрут; скорочення кількості записанень і впевненість клієнтів в якісному й вчасному обслуговуванні; підвищення якості процесів, відсутність витрат на дороге програмне забезпечення, що виступає передумовою ефективної реалізації логістичної діяльності підприємства.*

**Методологія дослідження.** У процесі дослідження використано загальнонаукові й спеціальні методи, зокрема: діалектичний, системного аналізу; оптимізації запасів залежно від рівня логістичної системи; моделювання руху матеріальних та інформаційних потоків логістичної системи з допомогою призначень, вибору найкоротшого шляху; формування методів математичного програмування оптимальної виробничої програми.

**Галузь застосування результатів.** Економіка, транспорт, управління, макро- й мікроекономіка, інформатика, логістика, інновації.

**Висновки.** Запропоновано використання інноваційної системи транспортної логістики ABM RINKAI TMS МХП. Встановлено мотиви застосування інновацій на підприємствах. Визначено необхідність використання логістичних інновацій, новітніх технології планування та інформаційного забезпечення; електронної обробки вантажопотоків; автоматизації виробництва; ефективність управління транспортною логістикою з ABM Rinkai TMS.

**Ключові слова:** управління, транспорт, логістика, інноваційна система, ABM Rinkai TMS, ефективність, витрати, маршрут, клієнти.

## INCREASING THE EFFICIENCY AND SOCIAL BENEFITS OF MHP TRANSPORT LOGISTICS WITH THE HELP OF ABM RINKAI TMS INNOVATIVE SYSTEM

**O.V. Ivanyshyn**

Postgraduate Student,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0003-4980-319X

### **Summary**

**Introduction.** Currently, there is a change in the global trend of logistics in Ukraine towards sustainable and quality development. This will allow to realize the huge logistics potential of Ukraine, to turn logistics into a branch of the national economy, which will increase the competitiveness and profitability of domestic enterprises.

It is determined that the management of own and hired transport of the enterprise is carried out using the innovative system ABM Rinkai TMS and includes savings in transport costs for 3 modules: plan, fact, analysis of deviations. It is established that the use of transport monitoring and management system provides all the basic functions necessary to simplify day-to-day delivery management operations.

**Subject of study.** The processes of the TMS ABM Rinkai system are proposed in order to increase the efficiency of transport management, accessibility, transparency and optimization of the entire logistics process.

*The purpose of writing an article is to study the benefits of the innovative transport logistics system ABM RINKAI TMS MHP to improve quality, efficiency and social utility.*

*Results of work.* Considering logistics innovations, one cannot ignore the latest logistics technologies used in planning and information support, which are necessary for efficient use of transport and logistics infrastructures and electronic data processing, production automation and implementation of other new achievements to improve the structure of information flows.

*ABM Rinkai Rinkai TMS offers: diagnostics and identification of “bottlenecks”; optimization of processes of planning of trade routes, control and analysis of efficiency of transport logistics; introduction of automatic planning of delivery routes on the basis of available orders and cars taking into account various restrictions, economy of transport costs.*

*The effects of transport logistics with ABM Rinkai TMS are determined: increase of transport efficiency; reduction of transport costs; minimization of the required fleet; reduction of total mileage; increase in the number of clients served per route; reducing the number of delays and customer confidence in quality and timely service; improves the quality of processes, does not require the cost of expensive software, is a prerequisite for the effective implementation of logistics activities of the enterprise.*

*Research methodology.* In the process of research general and special methods were used, in particular: dialectical, system analysis; stock optimization depending on the level of the logistics system; movement of material and information flows of the logistics system using the model of appointments, the choice of the shortest path and other methods of transport type; formation of the optimal production program with the help of mathematical programming methods.

*Field of application of results.* Economics, transport: management, macro- and microeconomics, computer science, logistics, innovation.

*Conclusions.* The use of the innovative transport logistics system ABM RINKAI TMS MHP is proposed. The motives for the application of innovations in enterprises are established. The need to use logistics innovations, the latest planning technologies and information support is determined; electronic processing of cargo flows; production automation; the efficiency of transport logistics management with ABM Rinkai TMS is calculated.

*Key words:* management, transport, logistics, innovation system, ABM Rinkai TMS, efficiency, costs, route, customers.

**Вступ.** Світовий розвиток спрямовується від нижчих домінівних натепер до вищих шостого й сьомого технологічних укладів, техніко-економічною парадигмою яких стають конвергенція комп'ютерних і нанобіотехнологій. Високотехнологічне наукомістке виробництво, 3Д-друк, інтелектуальні системи корінним чином трансформують соціально-економічні зносини, надають могутній поштовх до зростання продуктивності праці й приводять до появи нових продуктів та якісних нововведень в економіці, у всіх життєвих сферах, й у тому числі розвитку логістики.

**Постановка проблеми.** В умовах розвитку інтелектомісткої економічної моделі й швидкого поширення знань виникають нові логістичні технології та підходи

в управлінні глобальними ланцюгами постачання. Знання та розуміння майбутніх тенденцій інноваційного розвитку глобалізованої логістики дає можливість постачальникам і споживачам логістичних послуг визначати правильні стратегічні пріоритети для підвищення конкурентоспроможності й соціально-ефективної корисності інтегрованих міжнародних ланцюжків руху товарів і послуг. Зважаючи на глибоку економічну кризу, спричинену пандемією, настав час радикальних змін у державі й усіх секторах економіки на основі запровадження інноваційних форм логістичного бізнесу, що підкреслює актуальність теми дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загалом проблеми інноваційного розвитку українські вчені досліджують як на макрорівні – з позиції умов, необхідних для формування національної інноваційної системи, – так і на мікрорівні – з позицій активізації всіх форм інноваційної діяльності безпосередньо підприємств у контексті забезпечення їх конкурентоспроможності. Важливим результатом опрацювання наукових праць українських вчених є розуміння того, що основою розв'язання проблем інноваційного розвитку українських підприємств повинна стати комплексна державна інвестиційно-інноваційна політика, спрямована на підвищення рівня та формування ефективної системи управління інноваціями на всіх рівнях функціонування економіки. Аналіз бізнес-моделей і стратегій логістики для інтенсифікації інноваційної діяльності розкрито Н.М. Зубар, М.Ю. Григорак та іншими [1; 6; 7]. Визначено, що інновації є основою розвитку підприємств усіх видів діяльності, в тому числі логістичних [2; 9; 10]. Доведено, що наявна система управління повинна корегуватися через раціоналізацію та оптимізацію управління матеріальними, фінансовими й інформаційними потоками [3]. Сучасні напрями й перспективи розвитку інновацій та інформаційних технологій у логістичній системі досліджують А.В. Іванищева, Т.О. Колодізева, Г.Р. Руденко, С.О. Колесников, В.В. Володченко [3–5; 11].

**Мета** дослідження – узагальнення досвіду МХП, розкриття переваг і підвищення ефективності й соціальної корисності транспортної логістики на основі інноваційної системи ABM RINKAI TMS.

**Формулювання цілей статті.** Ідеальна система управління транспортом повинна бути гнучкою, ефективною та відмінно гармоніювати з динамічним характером бізнесу особливо зараз, коли бізнес-середовище вимагає безперервного вдосконалення процесів логістики.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Натепер багато компаній шукають способи працювати швидше й ефективніше, підвищити рівень обслуговування та знизити витрати на перевезення вантажів. Вивчення та узагальнення досвіду роботи транспортної логістики МХП за допомогою інноваційної системи управління транспортом за програмою ABM Rinkai TMS проведено на основі врахування переваг програми управління транспортом, якими скористалися багато компаній з урахуванням найпоширеніших функціональних вигод від використання TMS системи. Усе більше й більше підприємств впроваджують інновації для закріплення своїх конкурентних позицій на ринку [1]. Сформовані й виокремлені основні тенденції у сфері логістики, серед яких актуальними є: зміна системи виробництва й дистрибуції товарів; злиття та консолідація торгівлі й постачальників; зниження кількості постачальників; вплив електронного бізнесу на логістику. Встановлено,

що українські логістичні підприємства потребують переходу до активної фази здійснення системних інновацій. Для логістичних підприємств у сучасних умовах актуальний пошук потенціалу інновацій одночасно в декількох напрямках:

- по-перше, інформатизація та комп'ютеризація логістичних процесів, яка дає змогу оперативно керувати різноманітними матеріальними потоками;
- по-друге, транспортна оптимізація, тобто взаємодія різних видів транспорту на одному маршруті з метою здійснення контролю за процесом транспортування, завантаження, розвантаження, складування та доставлення до місця призначення тощо;
- по-третє, впровадження стратегії зниження витрат [4].

Логістика постійно змінюється, з'являються нові технології та бізнес-моделі. У нинішньому становищі на ринку помітно посилюється конкуренція, тому потрібно знайти й застосовувати приховані, не залучені до цього моменту резерви. Будь-які зміни, що позитивно впливають на розвиток підприємства, дають йому переваги. Навіть у кризовій ситуації не потрібно відмовлятися від інновацій. Нині існує безліч технологій, застосування яких підвищує якість обслуговування та довіру споживачів до логістичних підприємств.

Найважливішу роль у логістичних інноваціях відіграють інформаційні технології та програмні комплекси в логістиці: Enterprise Resource Planning (ERP) – планування ресурсів підприємства; Warehouse Management System (WMS) – система управління складом; Transport Management System (TMS) – система управління транспортом; Customer Relationship Management (CRM) – управління взаємовідносинами зі споживачами (постачальниками); Radio Frequency Identification (RFID) – система радіочастотної ідентифікації палет (гофрокоробів і так далі) за допомогою радіоміток та інші [3–7; 9; 10].

Серед сучасних систем ІТ-технологій можна виділити: Warehouse Management Systems (WMS) – управління складом; Warehouse Control Systems (WCS) – складського контролю; Building Automation Systems (BAS) – автоматизації будівель [11]. Завдяки ІТ-технологіям об'єднують транспорт, склади, мільйони товарів в єдиній інтелектуальній системі. ІТ-системи самостійно обробляють та аналізують отримані дані про матеріальні активи впродовж усього ланцюжка постачання, відстежують правильність зберігання та забезпечують максимальну швидкість доставлення до кінцевих замовників.

Розвитку логістики сприяють відкриті дані (Open data) через реєстри постачальників за всіма ланками логістичного ланцюга, що допомагає суттєво знизити ризики й логістичні витрати. Передбачається, що весь процес у Логістиці 4.0 на практиці буде відбуватися майже повністю автоматично, люди потрібні тільки для обслуговування програмних продуктів; системи будуть все більш масштабно збирати дані й передавати їх у великі сховища (Big Data), де вони будуть використовуватися для оптимізації запасів продуктів, процесів їхнього продажу й виготовлення; системи будуть автоматично пропонувати й продавати послуги, пристосовані до потреб споживачів.

Неефективне управління транспортною логістикою тягне проблеми:

1. Високі витрати на доставлення.
2. Нераціональне завантаження транспорту.

3. Важко врахувати всі вимоги клієнтів.
4. Складені маршрути часто нелогічні й тому малоефективні.
5. Недосконалі інструменти комплексного управління ефективності використання транспорту.

6. Великий вплив людського фактора на планування маршрутів і контроль виконання.

Тому необхідне розумне управління транспортом через доставляння вчасно й за мінімум грошей, а для цього необхідно:

- впровадити програму управління транспортом ABM Rinkai TMS для щоденного динамічного планування маршрутів доставляння з урахуванням різних умов.
- управління транспортною логістикою з ABM Rinkai дозволяє автоматично контролювати виконання маршрутів.
- комплексно аналізувати ефективність використання транспорту й рентабельність роботи з клієнтами.

Управління транспортом з ABM Rinkai можливе через реалізацію пропозицій: діагностику; оптимізацію; автоматизацію, проведення діагностики й виявлення «вузьких місць» в управлінні транспортом, оптимізації процесів планування, контролю та аналізу ефективності транспортної логістики, впровадження хмарних систем управління транспортом ABM Rinkai TMS для щоденного автоматичного планування кільцевих маршрутів.

Мета системи – автоматичне планування маршрутів доставляння на підставі наявних замовлень та автомобілів з урахуванням різних обмежень (тимчасові вікна, вага, обсяг, інший параметр вантажу, тип автомобіля) для економії транспортних витрат, планування маршрутів торгових представників або кур'єрів. Функціональні можливості TMS: функціонал продукту дозволяє автоматизувати основні етапи управління транспортом, планування маршрутів, контроль за їх виконанням, аналіз та оцінку ефективності.

Планування маршрутів містить: автоматичне планування маршрутів доставляння всього автопарку для виконання всіх обраних замовлень; облік різних умов під час розрахунку маршрутів: відстані між точками, вартості використання автомобілів, тимчасових вікон клієнтів і складу, характеристики вантажів і транспорту, час завантаження / розвантаження та оформлення документів та інше; визначення оптимального порядку завантаження-розвантаження; автоматичну розсилку повідомлень клієнтам про час відвідування.

Контроль виконання забезпечує: онлайн контроль руху автомобілів по маршрутах; реєстрацію відхилень за маршрутом (кілометраж, час, своєчасність доставляння); легке перепланування маршрутів у разі форс-мажору; безкоштовний для ANDROID додаток RINKAI з електронними маршрутними листами, навігацією, контактами клієнта й відправкою зворотного зв'язку; дозвіл отримувати дані за фактичними зупинками автомобіля.

Сайт програмного продукту ABM Rinkai TMS: аналітика план-факту з деталями; Інтерфейс планування маршрутів автотранспорту; контроль виконання плану за даними GPS; аналіз плану й факту в системі ABM Rinkai TMS; аналітика: показників транспорту в системі ABM Rinkai TMS; карти OSM із маршрутами.

Переваги TMS системи ABM Rinkai у формуванні маршрутів:

1. Оптимізація часу й коштів компанії; автоматизація процесу формування маршрутів доставляння, мінімізація впливу людського фактора, системний збалансований підхід, що забезпечує скорочення часу щодо ручного планування (300 точок доставлення, 550 замовлень, 15 автомобілів = 1 хвилина 30 сек.) і зниження помилок. Завдяки динамічному плануванню маршрутів загальний кілометраж знижується до 20 % в порівнянні з традиційним планом.

2. Програма для вантажоперевезень дозволяє планувати оптимальні маршрути з урахуванням великої кількості параметрів і вимог, які впливають на транспортування або доставлення: часові вікна для точок доставляння; розходи на закупівлю та доставлення продукції клієнту; розрахунок часу завантаження автомобілю на складі, розвантаження, часу в дорозі; мінімальний кілометр; вагогабаритні параметри автомобіля; тип автомобіля (холодильник, з гідробортом, наявність передньої перегородки тощо); типи замовлень (бакалія, охолодження, замороження) та інше. За допомогою ретельного аналізу наявних даних програма для побудови маршруту дає набір найзручніших та найефективніших варіантів маршруту.

3. Система контролю транспорту надає можливість порівняння спланованих маршрутів із фактичними, виробляє автоматичний аналіз відхилень основних показників (перепробіг, час у клієнта, зупинки поза плану, не відвідані клієнти, приїзд поза тимчасового вікна і так далі). Усі невиконані замовлення, запізнення, відхилення від плану й позапланові зупинки виділяються візуально.

4. Використання аналітики TMS системи управління транспортом надає відразу можливість оцінити проблемні зони в управлінні, які вимагають втручання; комплексного аналізу ефективності транспортної логістики, що дозволяє передбачити будь-які потенційні проблеми, які можуть виникнути. Компанія бере на себе активнішу роль у роботі на випередження, своєчасно усунувши проблеми й уникаючи будь-яких додаткових витрат.

5. Поліпшення якості обслуговування клієнтів, щоб їх не втратити й не мати руйнівні наслідки для транспортних компаній. Функціональні вигоди від використання програми доставлення проявляються у сфері підвищення якості послуг. Програма побудови маршруту доставлення автоматично розсилає клієнтам повідомлення про час прибуття та інформацію із замовлення. Клієнт буде готовий до прийому замовлення, що мінімізує час простою та підвищить лояльність клієнтів.

Система моніторингу й управління транспортом проста у використанні й надає всі основні функції, необхідні для спрощення повсякденних операцій з управління доставленням. Перші результати оптимізації можна побачити через тиждень використання програми для вантажоперевезень ABM Rinkai TMS.

Переваги TMS: хмарний сервіс для управління транспортом і транспортною логістикою, що відрізняється високою продуктивністю, надійністю, безперебійністю; алгоритм планування маршрутів, що володіє великою швидкістю обчислень; контроль виконання маршрутів у реальному часі; оцінка рентабельності виконання замовлень. Фактично отримана економія в 5 разів перевищує номінальну вартість використання системи.

Хмарна (SaaS) технологія не вимагає купівлі, встановлення та підтримки програмного забезпечення; сумісна з будь-якою обліковою та ERP системою та має різні варіанти маршрутів з урахуванням всіх обмежень і параметрів; містить

оптимізацію з вартості всіх доставок, кілометражу, часу, а швидкість обчислень сягає 600 замовлень на 30 машин за 3 хвилини.

Ефективність управління логістикою транспорту підвищується за комплексного підходу, що містить: контроль та аналіз дотримання маршрутів, виконання умов клієнтів, оцінку ефективності використання транспорту й можливостей складу; управління транспортом TMS System; результати використання TMS; значне зниження транспортних витрат шляхом скорочення кількості й загального пробігу транспорту, зниження прямих витрат на утримання додаткового транспорту й персоналу – зниження транспортних витрат на 15–25 %; економія часу логіста (не більше 5–15 хвилин на складання всіх маршрутів); мінімізація необхідного автопарку на 7–12 % за умови поліпшення сервісу доставлення; скорочення сумарного кілометражу на 10–15 %; оптимізація витрат на орендований автопарк на 10–20 %; мінімізація впливу людського фактора, всі розрахунки автоматизуються. Автоматизація управління транспортом за допомогою ABM Rinkai TMS підвищує якість процесів логістики, покращує фінансові показники компанії.

**Висновки.** Встановлено, що використання інноваційної системи транспортної логістики ABM RINKAI TMS МХП доцільне з метою оптимізації формування та управління товарними запасами й замовленнями, забезпечення наявності товару за умови мінімальних розходів на швидке й вчасне доставлення для підвищення ефективності управління транспортом, всього процесу логістики.

Визначено, що система управління інноваціями на логістичних підприємствах містить дві основні групи людей (клієнти й партнери), котрі спонукають до застосування інновацій на підприємствах, стратегічного планування розвитку послуг, сприяють покращенню якості й дотриманню стандартів обслуговування, розвитку сервісу шляхом реалізації інноваційних процесів у замовленнях клієнтів.

Запропоновано використання логістичних інновацій, а саме: новітніх логістичних технологій планування та інформаційного забезпечення; ефективного використання транспортної та логістичної інфраструктур, електронної обробки вантажопотоків; автоматизації виробництва й вдосконалення структури інформаційних потоків. Доведено, що управління транспортною логістикою з ABM Rinkai TMS забезпечує підвищення рівня ефективності використання транспорту й рентабельності.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Григорак М.Ю. Аналіз бізнес-моделей та стратегій іноваційного розвитку постачальників логістичних послуг. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. № 2 (5). С. 29–38.
2. Шевченко І.В. Світовий досвід ефективного здійснення логістичних процесів на підприємствах. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Випуск 16. С. 520–524.
3. Касич А.О., Сидоренко А.М. Перспективи активізації інноваційної діяльності на логістичних підприємствах. *Науковий вісник Ужгородського національного університету: серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство»*. 2017. Вип. 15. Ч. 1. С. 147–151.

4. Іванищева А.В. Сучасні тенденції розвитку та інновації в логістиці. *Інноваційна економіка: теоретичні та практичні аспекти* : монографія / за ред. д. е. н., доц. Є.І. Масленнікова. Вип. 1. Херсон : Грінь Д.С., 2016. С. 344–362.
5. Колодізева Т.О. Руденко Г.Р. Інноваційні технології в логістиці : навчальний посібник. Харків : Вид. ХНЕУ, 2013. 268 с.
6. Зубар Н.М., Григорак М.Ю. Логістика у ресторанному господарстві : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 312 с.
7. Зубенко В.О. Використання логістики для інтенсифікації інноваційної діяльності на залізничному транспорті. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2011. № 34. С. 181–182.
8. Система управління транспортом. *Abmcloud* : вебсайт. URL: <https://abmcloud.com/abm-soft/tms/>.
9. Логістика товарного ринку : монографія / Б.В. Буркинський, В.М. Лисюк, М.Л. Тараканов та ін. ; за ред. Б.В. Буркинського, В.М. Лисюка. Одеса : ІПРЕД НАН України, 2018. 244 с.
10. Тараканов М.Л., Маковеев А.П. Логістичний фактор формування доданої вартості в системі товарних ринків. *Економіка: реалії часу*. 2015. № 2 (18). С. 28–34.
11. Величко О.П. Сутність логістичного ланцюга та його контроль сучасними агрохолдингами. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2012. Вип. 3 (46). Ч. 2. С. 27–33.
12. Колесников С.О., Володченко В.В. Сучасні напрями розвитку інновацій та інформаційних технологій в логістичній системі промислових підприємств України. *Економічний вісник Донбасу*. № 1 (59). 2020. С. 49–56.

#### REFERENCES

1. Hryhorak, M.Yu. (2016), Analiz biznes-modelei ta stratehii inovatsiinoho rozvytku postachalnykiv lohystychnykh posluh [Analysis of business models and strategies of innovative development of logistics service providers]. *Tekhnolohycheskyi audyt u rezervy proyzvodstva*. No. 2(5). Pp. 29–38.
2. Shevchenko, I.V. (2017), Svitovyi dosvid efektyvnoho zdiisnennia lohystychnykh protsesiv na pidpriemstvakh [World experience of effective implementation of logistics processes in enterprises]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*. Vol. 16. Pp. 520–524.
3. Kasych, A.O., Sydorenko, A.M. (2017), Perspektyvy aktyvizatsii innovatsiinoi diialnosti na lohystychnykh pidpriemstvakh [Prospects of activation of innovative activity at logistics enterprises]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu: "Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo"*. Vol. 15, Part. 1. Pp. 147–151.
4. Ivanyshcheva, A.V. (2016), Suchasni tendentsii rozvytku ta innovatsii v lohistytsi *Innovatsiina ekonomika: teoretychni ta praktychni aspekty* [Modern tendencies of development and innovations in logistics

- Innovative economy: theoretical and practical aspects]: [monohrafiia] Vyp. 1/ za red. d.e.n., dots. Ye.I. Maslennikova. Kherson, Ukraine : Hrin D.S., Pp. 344–362.
5. Kolodizieva, T.O., Rudenko, H. R.(2013), Innovatsiini tekhnolohii v lohistytsi : navchalnyi posibnyk [Innovative technologies in logistics: a textbook]. Kharkiv, Ukraine : Vyd. KhNEU, 268 p.
  6. Zubar, N.M., Hryhorak, M.Iu. (2010), Lohistyka u restorannomu gospodarstvi : navch. posib. [Logistics in the restaurant industry: textbook]. Kyiv, Ukraine : Tsentr uchbovoi literatury, 312 p.
  7. Zubenko, V.O. (2011), Vykorystannia lohistyky dlia intensyfikatsii innovatsiinoi diialnosti na zaliznychomu transporti. [Use of logistics for intensification of innovative activity on railway transport] Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti. No. 34. Pp. 181–182.
  8. Systema upravlinnia transportom [Transport management system]. URL : <https://abmcloud.com/abm-soft/tms/>.
  9. Lohistyka tovarnohorynku: monohrafiia, (2018), /za red. B.V. Burkynskoho, V.M. Lysiuka [Logistics of the commodity market: a monograph / ed. BV Burkynsky, VM Lysyuk]. Odesa, Ukraine : IPREED NAN Ukrainy, 244 p.
  10. Tarakanov, M.L., Makovieiev, A.P. (2015), Lohistychnyi faktor formuvannia dodanoi vartosti v systemi tovarnykh rynkiv [Logistic factor of value added formation in the system of commodity market]. Ekonomika: realii chasu. No. 2 (18). Pp. 28–34.
  11. Velychko, O.P. (2012), Sutnist lohistychnoho lantsiuha ta yoho kontrol suchasnymy ahrokhodynhamy [The essence of the logistics chain and its control by modern agricultural holdings]. Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen. Vol. 3 (46), ch. 2. Pp. 27–33.
  12. Kolesnykov, S.O., Volodchenko, V.V. (2020), Suchasni napriamy rozvytku innovatsii ta informatsiinykh tekhnolohii v lohistychnii systemi promyslovykh pidpriemstv Ukrainy [Modern directions of development of innovations and information technologies in the logistic system of industrial enterprises of Ukraine]. Ekonomichnyi visnyk Donbasu. No. 1(59).

## ЕКОНОМІКО-ПРАВОВА МОДЕЛЬ ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ЗАЛІЗНИЧНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

**В.М. Сукманюк**

асистент кафедри менеджменту,  
Національний транспортний університет, Київ, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-4202-8960

### *Анотація*

**Вступ.** В умовах обмеженого фінансування, породженого складною економічною ситуацією в країні, зростає актуальність і важливість застосування будь-яких форм партнерства держави і приватних підприємств у галузях, які відносяться до державної монополії та виконують значне соціальне навантаження. **Мета.** Метою статті є уточнення сутності поняття «державно-приватне партнерство» з урахуванням його визначальних характеристик та розроблення підходу до формування економіко-правової моделі державно-приватного партнерства, що забезпечує прискорений та ефективний розвиток залізничної інфраструктури в умовах складної загальноекономічної ситуації в країні та обмеженого фінансування стратегічно важливих галузей. **Результати.** До трактувань дефініції «державно-приватне партнерство» внесено принципи доповнення, що характеризують відмінності такого партнерства від інших випадків взаємодії держави з інвесторами та приватними підприємствами. Обґрунтовано доцільність застосування державно-приватного партнерства як єдиного шляху забезпечення прискореного розвитку стратегічних галузей та отримання позитивного ефекту від реалізації суспільно значущих проєктів. Здійснено варіантний аналіз і запропоновано економіко-правову модель розвитку залізничної галузі у формі державно-приватного партнерства шляхом ведення державним підприємством та інвестором спільної діяльності без створення юридичної особи. Підкреслено соціальну спрямованість проєкту з розвитку залізничної інфраструктури та досягнення балансу розподілення вигод і ризиків між його учасниками. **Висновки.** Запропонований варіант партнерства державного підприємства і приватного бізнесу, в основі якого лежить спільна діяльність без створення юридичної особи, дасть змогу залучити значні кошти вітчизняного інвестора для суттєвого збільшення провізної спроможності залізниці на перевантаженій ділянці, що матиме соціальний та низку інших позатранспортних ефектів, а також сприятиме отриманню очікуваних вигод кожним учасником спільного проєкту.

**Ключові слова:** залізнична галузь, державно-приватне партнерство, економіко-правова модель взаємодії державі і приватного бізнесу, юридична особа, спільна діяльність.

ECONOMIC-LEGAL MODEL OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP  
IN THE RAILWAY INDUSTRY OF UKRAINE

V.M. Sukmaniuk

Assistant at the Department of Management,  
National Transport University, Kyiv, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0003-4202-8960

**Summary**

**Introduction.** In the context of limited funding generated by the difficult economic situation in the country, the relevance and importance of using any form of partnership between the state and private enterprises in industries that belong to the state monopoly and carry out a significant social burden is increasing. **Purpose.** The aim of the article is to clarify the essence of the concept of «public-private partnership» taking into account its defining characteristics and to develop an approach to the formation of economic and legal model of public-private partnership, which provides accelerated and efficient development of railway infrastructure important industries. **Results.** The interpretation of the definition of «public-private partnership» includes fundamental additions that characterize the differences of such a partnership from other cases of interaction between the state and investors and private entrepreneurs. The expediency of using public-private partnership as the only way to ensure the accelerated development of strategic industries and obtain a positive effect from the implementation of socially significant projects is substantiated. A variant analysis was carried out and an economic and legal model of development of the railway industry in the form of public-private partnership was proposed – by a joint venture between a state-owned enterprise and an investor without creating a legal entity. The social orientation of the project on the development of railway infrastructure and achieving a balance of benefits and risks between its participants is emphasized. **Conclusions.** The proposed option of partnership between a state-owned enterprise and a private business, which is based on joint activities without creating a legal entity, will attract significant funds from domestic investors to significantly increase the carrying capacity of the railway on congested sections, which will have social and other non-transport effects. expected benefits by each participant of the joint project.

**Key words:** railway industry, public-private partnership, economic and legal model of interaction between the state and private business, legal entity, joint activity.

**Вступ.** Практика багатьох країн свідчить, що інститут державно-приватного партнерства може забезпечити вирішення низки важливих завдань розвитку соціально значущих об'єктів інфраструктури, окремих регіонів країни, стратегічно важливих галузей, зокрема транспортної.

У низці наукових праць із цієї проблематики відзначається, що доцільність державно-приватного партнерства для держави зумовлюється двома головними обставинами: по-перше, більшість транспортних проєктів мають велике соціально-економічне навантаження, що не викликає особливої зацікавленості у потенційних інвесторів; по-друге, через високу капіталомісткість транспортної інфраструктури фінансування першого етапу проєктів потребує досить великих коштів.

Сучасний стан залізничної транспортної інфраструктури вимагає докорінної модернізації, реконструкції та оновлення. Вирішення цього завдання у середньостроковій перспективі неможливе без широкого залучення приватного капіталу, причому насамперед вітчизняного. Однак нині така практика відсутня, механізм не відпрацьований і законодавчо не визначений. Крім того, незважаючи на достатню кількість юридично-правової літератури, науково-методичними аспектами її застосування для вирішення практичних проблем, аналогічних розглянутій у цій статті, вітчизняні вчені досі не займалися.

**Постановка проблеми.** Питання застосування різноманітних форм партнерства держави і приватного бізнесу у різних галузях пострадянських та інших країн тривалий період не втрачають своєї актуальності. Нині вже є чимало світових прикладів успішних державно-приватних проєктів, які дозволяють вирішувати складні галузеві, регіональні і державні проблеми.

Вітчизняні державні діячі різних керівних рівнів все ширше вживають поняття «державно-приватне партнерство» у різних контекстах, незважаючи на відсутність законодавчого визначення цієї категорії; досі не уточнені його цілі і завдання, сфера застосування, можливі обмеження тощо. Така ситуація призводить до вживання зазначеного поняття за будь-яких контактів державної влади і приватного бізнесу, які не мають нічого спільного з реальним державно-приватним партнерством у реалізації інвестиційних проєктів. Між тим саме таке партнерство є чи не єдиним способом ефективного та пришвидшеного розвитку низки галузей економіки країни, насамперед – стратегічних, які раніше належали виключно до державної монополії. До таких галузей належить залізничний транспорт України, який, крім основної діяльності відповідно до призначення, несе велике соціальне навантаження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Слід зазначити, що сьогодні і серед учених не існує єдиного розуміння сутності державно-приватного партнерства, тому немає загальноприйнятого визначення цього поняття. Більшість трактувань досить детально враховують очікування державних органів і структур від такого партнерства («реалізація соціально значущих проєктів», «розвиток інноваційного потенціалу регіону», «взаємовигідна співпраця» тощо), однак інтереси приватного бізнесу у цих визначеннях відображені слабо або взагалі не відображені. На практиці, навпаки, не враховуються інтереси державної сторони і суспільства. Хоча державно-приватне партнерство і повинне мати соціальну спрямованість, в Україні цей термін поки що має суто економічний зміст, інколи – політичний.

Незважаючи на різне бачення сутності державно-приватного партнерства як у вітчизняній, так і в зарубіжній теорії та практиці, можна виділити кілька схожих рис у розумінні такого партнерства, що їх виділяють експерти [1, с. 1; 2, с. 130–131; ін.], а саме: метою створення партнерства є реалізація найбільш суспільно значущих проєктів; модель взаємодії державного і приватного бізнесу передбачає об'єднання їхніх зусиль і ресурсів (у тому числі сильних сторін і конкурентних переваг); має місце розподілення ризиків між учасниками партнерства; партнерство передбачає довгострокову основу; предметом партнерства виступає розвиток, використання та управління державною або муніципальною власністю.

За такого партнерства важливо забезпечити роль держави не тільки як основного регулятора взаємодії з бізнесом, але і як представника та захисника інтересів і потреб суспільства. Саме для ефективного розвитку механізму державно-приватного партнерства необхідно, щоб зусилля всіх учасників партнерства були спрямовані не лише на вирішення питань, пов'язаних з економічною сферою відносин, а й на вирішення соціальних проблем – таких як підвищення добробуту всіх або найменш захищених верств населення країни, обмеження шкідливого впливу інвестиційних проектів на людину та навколишнє середовище тощо. Державно-приватне партнерство як взаємодія усіх суб'єктів, задіяних у реалізації суспільних, життєво важливих інфраструктурних проектів, передбачає наявність єдиних або принаймні узгоджених цілей, за якими, безумовно, стоять приватні інтереси і вигоди кожної зі сторін.

Нині вітчизняний приватний бізнес несе роль повністю залежного від держави пасивного учасника співпраці, тоді як міцне і довготривале партнерство можливе лише за умови дотримання рівнозначної взаємної вигоди.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою статті є уточнення сутності поняття «державно-приватне партнерство» та розроблення підходу до формування економіко-правової моделі розвитку залізничної інфраструктури на засадах державно-приватного партнерства.

**Виклад основного матеріалу.** Проаналізувавши різноманітні думки щодо сутності поняття «державно-приватне партнерство», вважаємо, що найбільш вдалими і таким, що враховує основні аспекти цієї категорії, є визначення дослідника В.В. Максимова: «государственно-частное партнерство – это юридически оформленная система взаимоотношений сторон-партнеров, направленная на совместную реализацию инвестиционных проектов, основанная на справедливом распределении необходимых организационных, финансовых, производственных и прочих рисков и обеспечивающая сторонам приемлемый результат» [3, с. 22]. Однак навіть у цьому досить вдалому визначенні не підкреслено обов'язкову соціальну спрямованість державно-приватного партнерства. Свій погляд на зміст категорії автор пояснює тим, що він намагався максимально врахувати сучасну специфіку наявних в економіці країни умов розвитку ринкових відносин. Проте ігнорування соціальної ролі державно-приватного партнерства, на нашу думку, здебільшого і призводить до застосування цієї категорії до будь-яких контактів держави і бізнесу.

Сучасна світова практика переконливо показує, що найважливішою особливістю державно-приватного партнерства і всіх його моделей є проблема розподілення ризиків між сторонами – учасниками такого партнерства.

Прийнята практика Всесвітнього банку залежно від принципів розділення ризиків між державою і приватним сектором поділяє моделі державно-приватного партнерства на чотири категорії [4]:

- контракт на управління та оренду;
- концесії;
- проекти «з чистого аркуша»;
- передача активів.

Основні моделі державно-приватного партнерства, використовувані під час реалізації інфраструктурних проектів у країнах Європейського союзу, дещо

відрізняються від наведеної вище класифікації – головним чином ступенем залучення і передачі ризиків проекту від держави приватному сектору [5, с. 4]. Вони поділяються на п'ять категорій:

- сервісний контракт;
- контракт на управління та експлуатацію;
- орендний договір;
- будівництво, експлуатація і передача;
- проектування, будівництво, фінансування та експлуатація.

Зрозуміло, що не всі реалізовані проекти державно-приватного партнерства виявились успішними. Внаслідок невідповідності існуючого інституційного середовища, недоліків, допущених під час розроблення проектів (технічні помилки, неправильна оцінка попиту на майбутнє, недооцінка ризиків тощо), перевищення реальної вартості проекту над його розрахунковою вартістю, допущене під час реалізації, та через інші причини низка проектів були призупинені і визнані такими, що понесли невдачу. Загалом питома вага невдалих проектів державно-приватного партнерства в їхній загальній кількості становить близько 6%, а сума пов'язаних з ними інвестицій – 8% загальної суми інвестованого в реалізацію проектів капіталу [6].

На вибір конкретної моделі державно-приватного партнерства найбільше впливає правильна оцінка можливостей і потенціалу кожної зі сторін – учасниць партнерства, від неї залежить і вірогідність успішної реалізації проекту.

Під час розроблення економіко-правової моделі державно-приватного партнерства шляхом спільних капіталовкладень у розвиток залізничного транспорту (в даному випадку – його інфраструктурних об'єктів) нами проведено детальний аналіз чинного законодавства України з урахуванням практики його застосування у питаннях взаємодії держави з приватним сектором, використано досвід практичної роботи і побажання керівництва ТОВ «Трансінвестсервіс», яке виступає інвестором у цьому проекті. Висновок ґрунтується на визнаних у вітчизняній і зарубіжній правовій науці положеннях та підходах, підтверджених правовою позицією судової практики.

За результатами проведеного дослідження питання щодо розроблення правових засад інвестування коштів і подальшої експлуатації побудованих об'єктів залізничної інфраструктури в районі Малого Аджаликського лиману за участю інвестора (ТОВ «Трансінвестсервіс») та регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Укрзалізниця» нами розроблено і пропонується варіант здійснення правочинів у цій сфері на основі договору про спільну діяльність.

Зокрема, відповідно до ст. 188 Цивільного кодексу [7], побудовану за рахунок інвестора другу залізничну колію, яка в комплексі з існуючою залізничною колією утворюють єдине ціле, що дає змогу використовувати їх за призначенням з отриманням синергійного ефекту, проект можна трактувати як складну річ.

За теорією цивільного права, спільна діяльність у широкому розумінні може відбуватись у двох формах із виникненням при цьому двох видів зобов'язань. По-перше, учасники можуть вибрати організаційно-правову форму здійснення спільної діяльності без створення юридичної особи. У цьому разі відносини, що виникають між учасниками, оформляються договором про спільну діяльність.

По-друге, спільна діяльність учасників може бути спрямована на співробітництво в межах самостійного суб'єкта права – юридичної особи. У такому разі між учасниками укладається засновницький договір, який не тільки регулює їхню спільну діяльність, а й визначає правовий статус створеної ними з цією метою юридичної особи.

Зазначена позиція знайшла також своє закріплення у Цивільному кодексі України (далі – ЦК України). Так, ч. 2 ст. 1130 ЦК України [7] вказує на існування двох різновидів договору про спільну діяльність:

- договір простого товариства (на основі об'єднання вкладів учасників);
- договір про спільну діяльність, що не передбачає об'єднання вкладів учасників.

Виходячи з інтересів і мети ТОВ «Трансінвестсервіс» та регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Укрзалізниця», може йтися лише про можливість укладення між ними договору про спільну діяльність без створення юридичної особи. Тому розглянемо особливості договору про спільну діяльність без створення юридичної особи, а також юридичні наслідки укладення такого договору.

Відповідно до п. 3 Положення (стандарту) бухгалтерського обліку 12 «Фінансові інвестиції» [8], затвердженого наказом Міністерства фінансів України від 26 квітня 2000 р. № 91, спільною діяльністю вважається господарська діяльність зі створенням або без створення юридичної особи, яка є об'єктом спільного контролю двох чи більше сторін відповідно до письмової угоди між ними.

Загальні положення щодо права суб'єктів господарювання на ведення спільної господарської діяльності на умовах, визначених договором про спільну діяльність, містяться у ст. 176 Господарського кодексу України (далі – ГК України) [9]. У ЦК України цьому виду договорів присвячено главу 77 [7].

Порядок оподаткування спільної діяльності без створення юридичної особи та суміжні з цим процедури визначаються Законом України «Про оподаткування прибутку підприємств» від 28 грудня 1994 р. № 334/94-ВР [10] та прийнятими на його виконання нормативно-правовими актами (зокрема, Порядком ведення податкового обліку та складання податкової звітності результатів спільної діяльності на території України без створення юридичної особи [11], затвердженим наказом Державної податкової адміністрації України від 11 липня 1997 р. № 234). Судову практику в справах, пов'язаних з веденням спільної діяльності, узагальнено в роз'ясненні Президії Вищого арбітражного суду України «Про деякі питання практики вирішення спорів, пов'язаних з укладанням та виконанням договорів про спільну сумісну діяльність» [12].

*Загальні положення щодо договору про спільну діяльність та його різновидів.*

Згідно зі ст. 1130 ЦК України [7], за договором про спільну діяльність сторони (учасники) зобов'язуються спільно діяти без створення юридичної особи для досягнення певної мети, що не суперечить законові. За схожим визначенням підпункту 7.7.1 п. 7 ст. 7 Закону України «Про оподаткування прибутку підприємств» [10], спільна діяльність без створення юридичної особи провадиться на підставі договору про спільну діяльність, що передбачає об'єднання коштів або майна учасників для досягнення спільної господарської мети. На відміну від пояснення ЦК України, це визначення передбачає обов'язковою ознакою відповідного

договору об'єднання коштів або майна учасників, а також характер його мети – господарська. У цьому разі загальною метою ТОВ «Трансінвестсервіс» і регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Укрзалізниця» є побудова та експлуатація двоколійної дільниці Пост 5 км – Блок-пост 30 км.

Відповідно до статей 1130-1131 ЦК України [7], спільна діяльність може здійснюватися на основі об'єднання вкладів учасників (просте товариство) або без об'єднання вкладів учасників. При цьому договір про спільну діяльність укладається у письмовій формі. Умови договору про спільну діяльність, у тому числі координація спільних дій учасників або ведення їх спільних справ, правовий статус виділеного для спільної діяльності майна, покриття витрат та збитків учасників їх участь у результатах спільних дій та інші умови визначаються за домовленістю сторін, якщо інше не встановлено законом про окремі види спільної діяльності.

Слід зазначити, що ч. 4 ст. 176 ГК України [9] закріплює положення, відповідно до якого учасники договору про спільну діяльність можуть доручати управління спільною діяльністю одному з учасників, на якого покладається обов'язок ведення спільних справ. Такий учасник здійснює організаційно-управлінські повноваження на підставі доручення, підписаного іншими учасниками.

*Відповідальність учасників договору про спільну діяльність.*

Порушенням зобов'язання є його невиконання або виконання з порушенням умов, визначених змістом зобов'язання (неналежне виконання) (ст. 611 ЦК України [7]). Порушення зобов'язання спричиняє негативні наслідки передусім для кредитора, а при застосуванні заходів цивільно-правової відповідальності – для боржника.

Під час здійснення суб'єктами спільної діяльності без створення юридичної особи вони, як правило, стають учасниками двох видів правовідносин. По-перше, на підставі договору про спільну діяльність виникають зобов'язальні відносини між учасниками цього договору, які можна назвати внутрішніми відносинами. Укладаючи договір про спільну діяльність, його учасники беруть взаємні зобов'язання один перед одним спільно діяти для досягнення єдиної для всіх мети, вести спільні справи тощо. Крім того, здійснюючи спільну діяльність, учасники, як правило, вступають у правовідносини з іншими особами. Ці відносини можна назвати зовнішніми. У зв'язку з тим, що спільна діяльність відбувається без створення юридичної особи, кожний учасник, уповноважений на ведення спільних справ, у зовнішніх відносинах з третіми особами виступає і від свого імені, і від імені решти учасників. Отже, дії уповноваженого учасника мають певною мірою представницький характер.

Кожний учасник договору про спільну діяльність може нести відповідальність перед рештою учасників за невиконання або неналежне виконання взятих на себе за договором обов'язків. Підстави, умови та порядок застосування цивільно-правової відповідальності за порушення зобов'язань, що виникають з договору про спільну діяльність, визначаються за домовленістю між учасниками. Якщо у договорі про спільну діяльність питання відповідальності учасників за цим договором не врегульовані, то слід керуватись положеннями глави 51 ЦК України [7] та інших спеціальних нормативно-правових актів.

Під час ведення спільних справ особливого значення набуває принцип неприпустимості зловживання правом. Цей принцип визначає межі свободи, закладеної

у суб'єктивному праві, вихід за які приводить особу до зловживання правом. Відповідно до ч. 1 ст. 13 ЦК України [7] особа здійснює свої цивільні права в межах, наданих їй договором або актами цивільного законодавства. Визначення цього принципу як одного з головних для зобов'язань, що виникають при укладанні договору про спільну діяльність, зумовлено, по-перше, фідуцарним характером відносин між учасниками спільної діяльності і, по-друге, заборонаю для учасників у відносинах із третіми особами посилається на обмеження прав учасника, який вчинив правочин, щодо ведення спільних справ. Отже, учасник, на якого договором про спільну діяльність покладено ведення спільних справ, зобов'язаний діяти в межах наданих йому повноважень. Ризик зловживання ним своїм правом (вчинення правочину за межами наданих йому повноважень) несуть всі учасники спільної діяльності.

Відповідальність перед третіми особами може мати як договірний, так і недоговірний характер. Договірна відповідальність виникає, якщо просте товариство уклало договір з певним суб'єктом та порушило умови цього договору. Недоговірна відповідальність настає, якщо в результаті дій учасника (учасників) під час здійсненні спільної діяльності було завдано шкоди життю, здоров'ю, майну іншої особи, порушені особисті немайнові права, права інтелектуальної власності, речові права іншого суб'єкта тощо. Недоговірна відповідальність також покладеться на всіх учасників договору про спільну діяльність за умови, що зазначені порушення були вчинені у зв'язку зі здійсненням спільної діяльності.

За множинності осіб у зобов'язанні відповідальність, залежно від її розподілу між співробітниками, може бути частковою або солідарною. При цьому в законі закріплено презумпцію часткової відповідальності, коли кожний зі співборжників несе відповідальність у певній частці (ст. 540 ЦК України [7]). За часткової відповідальності кредитор для задоволення своїх вимог має звернутись до всіх співборжників. Той з боржників, який, наприклад, відшкодував кредиторowi збитки у певній частині, вибуває із зобов'язання.

Солідарна відповідальність ґрунтується на принципі «один за всіх», що означає її нероздільність між солідарними боржниками (ст. 543 ЦК України [7]). Цей вид відповідальності є більш сприятливим для кредитора, оскільки він може задовольнити свої вимоги відразу від одного боржника, наприклад, найбільш платоспроможного.

Отже, особливість відповідальності учасників договору про спільну діяльність полягає в тому, що, по-перше, вони відповідають один перед одним, а по-друге, несуть відповідальність перед третіми особами. Відповідальність учасників договору про спільну діяльність за спільними зобов'язаннями перед третіми особами може бути частковою або солідарною. Часткова відповідальність має місце у разі порушення договірного зобов'язання, а договір простого товариства не пов'язаний зі здійсненням його учасниками підприємницької діяльності.

Солідарною є:

(1) відповідальність учасників договору простого товариства, не пов'язаного зі здійсненням підприємницької діяльності, за недоговірними спільними зобов'язаннями;

(2) договірна і недоговірна відповідальність учасників договору про спільну діяльність, пов'язана зі здійсненням підприємницької діяльності;

(3) відповідальність учасників договору про спільну діяльність після припинення договору.

*Бухгалтерський облік та оподаткування спільної господарської діяльності.*

В Україні порядок обліку спільної діяльності здійснюється з урахуванням норм Положення (стандарту) бухгалтерського обліку 12 «Фінансові інвестиції» [8] (далі – П(С)БО 12). Проте слід мати на увазі, що П(С)БО 12 регулює питання обліку спільної діяльності досить обмежено – виключно шляхом визначення таких двох понять, як «спільна діяльність» та «спільний контроль».

Відповідно до ст. 1 Закону України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» від 6 липня 1999 року N996-XIV [13], національне положення (стандарт) бухгалтерського обліку – це нормативно-правовий акт, затверджений Міністерством фінансів України, який визначає принципи та методи ведення бухгалтерського обліку і складання фінансової звітності, що не суперечать міжнародним стандартам.

Згідно з п. 3 Міжнародного стандарту бухгалтерського обліку 31 «Фінансова звітність про частки у спільних підприємствах» [14] (далі – МСБО 31), для будь-якої спільної діяльності загальними характеристиками є:

- наявність двох або більше контролюючих учасників, пов'язаних контрактною угодою;
- спільний контроль, який встановлюється контрактною угодою.

У такий же спосіб дефініцію «спільна діяльність» визначено і в П(С)БО 12 (п. 3): «Спільна діяльність – господарська діяльність зі створенням або без створення юридичної особи, яка є об'єктом спільного контролю двох або більше сторін відповідно до письмової угоди між ними» [8]. У П(С)БО 12 подано таке визначення поняття «спільний контроль»: «Спільний контроль – це розподіл контролю за господарською діяльністю відповідно до угоди про ведення спільної діяльності» [8].

Але, на відміну від П(С)БО 12, який передбачає можливість здійснення спільної діяльності, загалом – як зі створенням, так і без створення юридичної особи, в МСБО 31 найбільш поширеними визнані три варіанти спільної діяльності:

- спільно контрольовані операції;
- спільно контрольовані активи;
- спільно контрольовані господарські одиниці.

Останній із зазначених варіантів передбачає створення юридичної особи, яку в МСБО 31 названо спільним підприємством [14].

За спільно контрольованих операцій кожен з учасників використовує свої власні основні засоби, запаси, несе свої витрати для спільного виготовлення і збуту конкретної продукції, а виручку від реалізації такої продукції учасники розподіляють між собою відповідно до умов договору про спільну діяльність.

Діяльність на підставі спільно контрольованих активів передбачає спільне володіння активами, що були внесені або придбані учасниками договору про спільну діяльність. При цьому кожен учасник може одержувати свою частину доходу від використання таких активів.

На практиці ж, зазвичай, при здійсненні спільної діяльності учасники об'єднують власні активи і спільно контролюють операції, тобто використовують так званий змішаний варіант.

Таким чином, і МСБО 31, і П(С)БО 12 передбачають можливість здійснення спільної діяльності як зі створенням, так і без створення юридичної особи, яка є об'єктом спільного контролю, двох або більше сторін відповідно до письмової угоди між ними, що на даний час не суперечить ст. 1130 ЦК [7], згідно з якою здійснення спільної діяльності можливе виключно без створення юридичної особи.

Але в будь-якому разі ми маємо справу з моделлю державно-приватного партнерства, яка володіє всіма ознаками такої співпраці, включаючи соціальну спрямованість проекту: побудова та експлуатація двоколійної дільниці Пост 5 км – Блок-пост 30 км буде супроводжуватись низкою позатранспортних ефектів. Крім того, запропонований нами варіант економіко-правової моделі розвитку залізничної інфраструктури (залізничної колії) вирішує проблему розподілення ризиків між учасниками державно-приватного партнерського проекту – інвестором ТОВ «Трансінвестсервіс» і регіональною філією «Одеська залізниця» АТ «Укрзалізниця».

**Висновки.** Державно-приватне партнерство має більше переваг, ніж недоліків. Однак притік приватного капіталу в інфраструктурні проекти транспортної галузі на умовах державно-приватного партнерства можливий лише за умови забезпечення прийняттого для обох сторін балансу ризиків і доходів (вигод).

Розроблена і запропонована нами юридична конструкція, яка передбачає здійснення спільної діяльності без створення юридичної особи, може бути успішно застосована на практиці. Цей проект дозволить залучити значні кошти стороннього інвестора та покращити провізну спроможність залізниці, що в подальшому приведе до взаємної вигоди як державного підприємства в особі регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Укрзалізниця», так і приватного інвестора – ТОВ «Трансінвестсервіс».

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Практическое руководство по вопросам эффективного управления в сфере государственно-частного партнерства. Нью-Йорк, Женева: Организация Объединенных Наций, 2008. 114 с.
2. Рожкова С.А., Максимов В.В. Особенности использования в России государственно-частного партнерства как самого сложного инвестиционного проекта. *Экономические проблемы современной глобализации*: Материалы работы весенней конференции молодых ученых-экономистов, г. Санкт-Петербург, 20 апреля 2007 г. СПб. : Издательский центр ЭФ СПбГУ, 2007. С. 130–131.
3. Максимов В.В. Государственно-частное партнерство в транспортной инфраструктуре: критерии оценки концессионных конкурсов. М. : Альпина Паблшерс, 2010. 178 с.
4. Private Participation in Infrastructure Projects Database. *The World Bank Group – The Public-Private Infrastructure Advisory Facility*. July. 2008. URL: <http://ppi.Woridbank.org> (дата звернення: 18.11.2020).
5. Renda A., Schrefler L. Public-Private Partnerships: Models and Trends in the European Union (№IP / A / IMCO / SC / 2005–161). The European Parliament, 2006. 11 p.

6. Бондарь Н.Н. Опыт государственно-частного партнерства в транспортной отрасли: достижения и неудачи. URL: <http://www.trn.ua/articles/2135> (дата звернення: 23.11.2020).
7. Цивільний кодекс України від 16 січня 2003 року № 435-IV / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. №№ 40–44. Ст. 356.
8. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 12 «Фінансові інвестиції». *Офіційний вісник України*. 2000. № 21. Ст. 870.
9. Господарський кодекс України від 16 січня 2003 р. № 436-IV / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. №№ 18, 19–20, 21–22. Ст. 144.
10. Про оподаткування прибутку підприємств : Закон України від 28 грудня 1994 р. № 334/94-ВР в редакції Закону від 22.05.97 р. № 283/97-ВР / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 1997. № 27. Ст. 181 (зі змінами).
11. Порядок ведення податкового обліку та складання податкової звітності результатів спільної діяльності на території України без створення юридичної особи : наказ Державної податкової адміністрації України від 11 липня 1997 р. № 234. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/REG2112?an=2> (дата звернення: 25.11.2020).
12. Про деякі питання практики вирішення спорів, пов'язаних з укладанням та виконанням договорів про спільну сумісну діяльність : роз'яснення Вишого арбітражного суду України від 28 квітня 1995 р. № 02-5/302 (зі змінами). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v\\_302800-95#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v_302800-95#Text) (дата звернення: 25.11.2020).
13. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України від 6 липня 1999 року № 996-XIV / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 1999. № 40. Ст. 365 (зі змінами).
14. Міжнародний стандарт бухгалтерського обліку 31 «Фінансова звітність про частки у спільних підприємствах». URL: <http://www.minfin.gov.ua/> (дата звернення: 26.11.2020).

#### REFERENCES

1. *Prakticheskoye rukovodstvo po voprosam effektivnogo upravleniya v sfere gosudarstvenno-chastnogo pertnyerstva* [A practical guide to good governance in public-private partnerships]. (2008) New York, Geneva: Organizatsiya Obyediennykh Natsiy, 114 p. (in USA and Switzerland).
2. Rozhkova S.A., Maksimov V.V. (2007) Osobennosti ispolzovaniya v Rossiye gosudarstvenno-chastnogo pertnyerstva kak samogo slozhnogo investitsionnogo proyekta [Specifics of using public-private partnership in Russia as the most complex investment project]. *Economic problems of modern globalization: Proceedings of the spring conference of young scientists-economists (St. Petersburg, April 20, 2007)*, St. Petersburg : Izdatelskiy Tsentr EF SPbGU, pp. 130–131 (in Russian).
3. Maksimov V.V. (2010) *Gosudarstvenno-chastnoye pertnyerstvo v transportnoy infrastrukture: krteriyi otsenki kontsessionnykh konkursov*

- [Public-private partnership in transport infrastructure: criteria for evaluating concession tenders]. Moscow : Alpina Publishers, 178 p. 21 (in Russian).
4. Private Participation in Infrastructure Projects Database (2008). *The World Bank Group – The Public-Private Infrastructure Advisory Facility*. July 2008. Available at: <http://ppi.Woridbank.org> (accessed 18 November 2020).
  5. Renda A., Schrefler L. (2006) *Public-Private Partnerships: Models and Trends in the European Union (№IP / A / IMCO / SC / 2005-161)*. The European Parliament, 11 p. (in France).
  6. Bondar N.N. Opyt gosudarstvenno-chastnogo pertnyerstva v transportnoy otrasli: dostizheniya I neudachi [Experience of public-private partnerships in the transport industry: achievements and failures]. URL: <http://www.trn.ua/articles/2135> (accessed 23 November 2020).
  7. Tsyvilnyi kodeks Ukrainy vid 16 sichnia 2003 roku № 435-IV / Verkhovna Rada Ukrainy [Civil Code of Ukraine of January 16, 2003 no 435-IV / Verkhovna Rada of Ukraine] (2003) *Vidomosti Verkhoy Rady Ukrainy* [Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No 40–44. Art. 356 (in Ukrainian).
  8. Polozhennia (standart) bukhgalterskogo obliku 12 «Finansovi investitsii» [Regulation (standard) of accounting 12 «Financial investments»] (2000) *Ofitsiynyi visnyk Ukrainy* [Official Gazette of Ukraine]. No 21. Art. 870 (in Ukrainian).
  9. Gospodarskii kodeks Ukrainy vid 16 sichnia 2003 r. № 436-IV / Verkhovna Rada Ukrainy [Economic Code of Ukraine of January 16, 2003 no 436-IV / Verkhovna Rada of Ukraine] (2003) *Vidomosti Verkhoy Rady Ukrainy* [Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No 18, 19–20, 21–22. Art. 144 (in Ukrainian).
  10. Pro opodatkovannia prybutku pidpriemstv: Zakon Ukrainy vid 28 grudnia 1994 r. № 334/94-VR v redktsii Zakonu vid 25.05.97 № 283/97-VR / Verkhovna Rada Ukrainy [On corporate income taxation: Law of Ukraine of December 28, 1994 no 334/94-BP as amended by the Law of 22.05.97 no 283/97-BP / Verkhovna Rada of Ukraine] (1997) *Vidomosti Verkhoy Rady Ukrainy* [Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No 27. Art. 181 (with changes) (in Ukrainian).
  11. Poriadok vedennia podatkovogo obliku ta skladannia podatkovoi zvitnosti rezultativ spilnoi diialnosti na terytorii Ukrainy bez stvorennia yurydychnoi osoby: nakaz Derzhavnoi podatkovoi administratsii Ukrainy vid 11 lypnia 1997 r. № 234 [The procedure for tax accounting and tax reporting of the results of joint activities in Ukraine without the creation of a legal entity: the order of the State Tax Administration of Ukraine of July 11, 1997 no 234] (1997). Available at: <https://ips.ligazakon.net/document/REG2112?an=2> (accessed 25 November 2020).
  12. Pro deiaki pytannia praktyky vyrishennia sporiv, poviazanykh z ukladanniam ta vykonanniam dogovoriv pro spilnu sumizhnu diialnist:

poziashnennia Vyshchogo arbitrazhnogo sudu Ukrainy vid 28 kvitnia 1995 r. № 02-5/302 (zi zminami) [On some issues of dispute resolution practice related to the conclusion and implementation of agreements on joint joint activities: explanation of the Supreme Arbitration Court of Ukraine of April 28, 1995 no 02-5/302 (with changes)] (1995). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v\\_302800-95#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v_302800-95#Text) (accessed 25 November 2020).

13. Pro bukhalterskii oblik ta finansovu zvitnist v Ukraini: Zakon Ukrainy vid 6 lypnia 1999 roku № 996-XIV / Verkhovna Rada Ukrainy [n Accounting and Financial Reporting in Ukraine: Law of Ukraine of July 6, 1999 No 996-XIV / Verkhovna Rada of Ukraine] (1999). *Vidomosti Verkhovoi Rady Ukrainy* [Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No 40. Art. 365 (with changes) (in Ukrainian).]
14. Mizhnarodnyi standart bukhalterskogo obliku 31 «Finansova zvitnist pro chastki u spilnykh pidpriemstvakh» [International Accounting Standard 31 «Financial Statements of Interests in Joint Ventures»]. URL: <http://www.minfin.gov.ua/> (accessed 26 November 2020).

## МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 005.8

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2020.2-7.03>

### ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКУ ОКУПНОСТІ ПРОЄКТУ ЕКОЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

**Т.А. Ковтун**

к.т.н., доцент, доцент кафедри управління логістичними системами та проєктами,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-2753-8519

#### **Анотація**

**Вступ.** Збереження навколишнього середовища на тепер є однією з найважливіших, невідкладних і всеосяжних проблем, від якої залежить майбутнє людства й життя на планеті в цілому. Логістика як область практичної діяльності вносить свій негативний внесок у стан навколишнього середовища. Останнім часом як сучасна концепція логістики застосовується екологістика, яка сприяє запобіганню та ліквідації наслідків негативного екодеструктивного впливу на довкілля завдяки трансформації логістичних систем. **Метою статті** є дослідження впливу змін у структурі й тривалості життєвого циклу проєкту екологістичної системи, що зумовлені екологічною орієнтованістю такого типу проєктів, на оцінку ефективності проєкту за допомогою критерію ефективності – дисконтованого строку окупності. **Результати.** Досліджено специфічні особливості життєвого циклу проєкту екологістичної системи. Розроблено модель життєвого циклу проєкту екологістичної системи, в якій відбито зв'язки між часовими інтервалами й притоками й відтоками грошових коштів, що відповідають етапам фаз життєвого циклу проєкту. Запропоновано математичну формулу для розрахунку дисконтованого строку окупності проєкту, яка враховує специфічні особливості формування потоків грошових коштів окремих фаз життєвого циклу проєкту екологістичної системи. Застосування формули можливе в разі виконання умови сталості потоків етапів експлуатаційної та регенеративної фаз, що відповідає умовам невизначеності під час прогнозування потоків грошових коштів на початку проєкту. **Висновки.** Екологістична система має специфічні характеристики, що відрізняють її від логістичної системи. Зокрема, життєвий цикл проєкту екологістичної системи містить екологоорієнтовані фази, протягом яких здійснюються заходи, спрямовані на збереження та відновлення екосистеми. Модель життєвого циклу проєкту екологістичної системи містить п'ять фаз: передінвестиційну, інвестиційну, експлуатаційну, регенеративну й ревіталізаційну, що протікають упродовж шести часових інтервалів. Кожному часовому інтервалу відповідають потоки грошових коштів певних фаз. Представлено модель життєвого циклу, яка враховує притоки й відтоки грошових коштів протягом часо-

вих інтервалів. Оцінка ефективності проекту здійснюється за допомогою показника дисконтованого строку окупності з урахуванням специфічних особливостей потоків грошових коштів упродовж життєвого циклу екологістичної системи.

**Ключові слова:** проєкт екологістичної системи, життєвий цикл проєкту, дисконтований строк окупності проєкту.

## PECULIARITIES OF DETERMINING THE DISCOUNTED PAYBACK PERIOD OF THE ECO-LOGISTIC SYSTEM PROJECT

**T.A. Kovtun**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor  
at the Department of Logistic Systems and Projects Management,  
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-2753-8519

### **Summary**

**Introduction.** Preserving the environment today is one of the most important, urgent and comprehensive issues on which the future of humanity and life on the planet as a whole depends. Logistics as an area of practical activity makes a negative contribution to the state of the environment. Recently, ecology has been used as a modern concept of logistics, which helps to prevent and eliminate the consequences of negative eco-destructive impact on the environment through the transformation of logistics systems. **The purpose** of the article is to study the impact of changes in the structure and duration of the environmental system project life cycle, due to the environmental orientation of this type of project, to assess the effectiveness of the project using the criterion of efficiency – discounted payback period. **Results.** The specific features of the ecological system project life cycle are investigated. An ecological system project life cycle model has been developed, which reflects the links between time intervals and cash inflows and outflows that correspond to the stages of the project life cycle phases. A mathematical formula for calculating the discounted payback period of the project is proposed, which takes into account the specific features of the formation of individual phases cash flows of the ecological system project life cycle. The application of the formula is possible under the condition of constancy of flows of stages of operational and regenerative phases, which corresponds to the conditions of uncertainty in forecasting cash flows at the beginning of the project. **Conclusions.** The ecological system has specific characteristics that distinguish it from the logistics system. In particular, the project life cycle of the ecological system includes ecologically-oriented phases, during which measures are taken to preserve and restore the ecosystem. The ecosystem project life cycle model includes five phases: pre-investment, investment, operational, regenerative and revitalization, which take place over six-time intervals. Each time interval corresponds to cash flows of certain phases. A life cycle model is presented that takes into account cash inflows and outflows over time intervals. The project efficiency is assessed using the discounted payback period, taking into account the specific features of cash flows during the life cycle of the environmental system.

**Key words:** ecological system project, project life cycle, discounted payback period of the project.

**Вступ.** Збереження навколишнього середовища натеper є однією з найважливіших, невідкладних і всеосяжних проблем, від якої залежить майбутнє людства й життя на планеті в цілому.

**Постановка проблеми.** Останнім часом відбувається інтенсивний пошук нової стратегії виживання людства в умовах обмеженості природних ресурсів і погіршення природних умов існування людини як біологічного виду [1]. Проблема майбутнього розвитку цивілізації загалом вийшла на передній край наукового пошуку й суспільної свідомості загалом. Виходом із ситуації, що склалася, визнано застосування концепції сталого розвитку, яка є природною реакцією світової спільноти на наявні загрози й передбачає гармонійне співіснування природи й суспільства, що потребує врахування екологічних і соціальних факторів у всіх сферах життя людини [2].

Логістика як область практичної діяльності вносить свій негативний внесок у стан навколишнього середовища. Останнім часом як сучасна концепція логістики застосовується екологічна логістика (екологістика, зелена логістика), яка в рамках концепції сталого розвитку розглядається як ефективний підхід до управління матеріальними й супутніми потоками із ціллю зниження еколого-економічних збитків, що наносяться довкіллю [3; 4]. Екологістика сприяє запобіганню та ліквідації наслідків негативного екодеструктивного впливу на довкілля завдяки трансформації логістичних систем, які відповідають сучасній лінійній моделі економіки, в екологістичні системи [5], що дозволяють впровадити принципи циркулярної економіки в господарчу діяльність.

Інструментом впровадження циркулярної моделі економіки є екологічно орієнтовані логістичні системи. Однією з основних властивостей екологістичної системи є наявність замкнених логістичних ланцюгів, які дозволяють збільшити кількість продукції, що повертається у виробничий цикл у різноманітних формах. Як наслідок, зменшується екодеструктивний вплив на довкілля шляхом мінімізації використання природних ресурсів і зниження забруднення навколишнього середовища відходами виробництва й споживання.

Підвищення успішності впровадження проєктів екологістичних систем можливо досягти завдяки застосуванню моделей і методів методології управління проєктами. З позицій проєктного підходу екологістична система розглядається як унікальний результат, що отримується від цілеспрямованої тимчасової діяльності. Отже, на проєкт створення екологістичної системи відводиться обмежений період від його початку до завершення, який заведено називати життєвим циклом проєкту [6].

Зростаюча важливість проблеми захисту навколишнього середовища й можливих впливів, пов'язаних із продукцією, що виготовляється та споживається, потребує подовження життєвого циклу шляхом додавання екологоорієнтованих фаз (етапів, стадій). Трансформаційні зміни в складі й тривалості фаз життєвого циклу впливають на ефективність проєкту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання проєктування та функціонування екологістичних систем активно досліджуються сучасними науковцями. У працях Е.М. Букринської та Л.А. Мяснікової [7] відзначається необхідність переходу до економіки замкнутого циклу й розглядаються питання трансформації логістичних

систем, розроблено структуру замкнутого ланцюга постачання. У дослідженні К.О. Дзюбіної [8] розглянуто особливості функціонування прямих і зворотних матеріальних потоків, обґрунтовано доцільність впровадження в логістичну діяльність підприємства інструментів зворотної логістики, сформовано основні моделі функціонування зворотних матеріальних потоків у сучасних умовах господарювання, виявлено особливості руху поворотних та утилізаційно-рециклінгових зворотних матеріальних потоків. У роботах приділяється більше уваги врахуванню техніко-технологічних аспектів функціонування екологістичних систем під час їхнього проектування; питання особливостей саме проектів екологістичних систем, що обґрунтовуються їх екологічною орієнтованістю, не розглядаються.

Проектний підхід передбачає поділ життєвого циклу проекту на фази, що характеризуються отриманням певного продукту. У праці Ф. Бег'юлі [9] наголошується, що до життєвого циклу проекту входять початкова, проміжна й завершальна фази, що являє собою укрупнений варіант поетапного розбиття проекту. У дослідженні В.А. Рач [10] пропонується ділити проект не тільки на фази, але й на етапи, між якими встановлюється нечітка відповідність. Але в роботах не враховується потрібність приділення часу нейтралізації екодеструктивного впливу проекту та його продуктів на довкілля.

Останнім часом спостерігаються позитивні тенденції врахування екологічної складової частини в проектній діяльності. Стандарт Р5 включає такі області, як «Персонал, Планета, Прибуток, Процес, Продукт» [11].

Зміна поглядів на тривалість і склад фаз життєвого циклу впливає на процес формування параметрів проекту – специфічних характеристик, від управління якими залежить успіх проекту. Важливість управління часом і вартістю проекту підтверджується винесенням цих питань в окремі галузі знань методології управління проектами [6].

Дослідження об'єктних, часових, грошових параметрів проекту проводиться в роботах сучасних науковців. На необхідність управління часовими характеристиками фаз життєвого циклу звертають увагу С.П. Онищенко, Є.С. Арабаджі, К. Ахсан, І. Гунаван [12; 13]. У роботах не досліджується питання впливу екологічних характеристик продуктів проекту на об'єктні, вартісні й часові параметри проекту.

Життєвий цикл проекту екологістичної системи має свої специфічні особливості, врахування яких дозволить точніше визначити параметри проекту та їхній вплив на ефективність такого типу проектів.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є дослідження впливу змін у структурі й тривалості життєвого циклу проекту екологістичної системи, що зумовлені екологічною орієнтованістю такого типу проектів, на оцінку ефективності проекту за допомогою критерію ефективності – дисконтованого строку окупності. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. Визначити специфічні особливості життєвого циклу проекту екологістичної системи.
2. Створити модель життєвого циклу проекту екологістичної системи.
3. Розробити формулу дисконтованого строку окупності проекту з урахуванням специфічних особливостей життєвого циклу проекту екологістичної системи.

**Виклад основного матеріалу.** Життєвий цикл проекту екологістичної системи має відмінності від життєвого циклу проекту логістичної системи в її класичному розумінні, обґрунтовані специфічними особливостями такого типу проектів. Пропонується поділяти життєвий цикл проекту екологістичної системи на такі фази: передінвестиційну (pre-investment phase, P), інвестиційну (investment phase, I), експлуатаційну (operational phase, O), регенеративну (regenerative phase, R), ревіталізаційну (revitalization phase, V).

Екологізація логістичної системи впливає на всі продукти проекту, а також приводить до збільшення кількості фаз і тривалості життєвого циклу проекту.

Модель життєвого циклу представляється у вигляді послідовності стадій, які можуть перекриватись і (або) повторюватись циклічно відповідно до галузі застосування, розміру, складності, потреби в змінах і можливостях. У проектах екологістичних систем фази життєвого циклу можуть як протікати послідовно, одна за одною, так і перекриватись. Інвестиційна фаза настає тільки після завершення передінвестиційної фази. Регенеративна фаза починається до завершення експлуатаційної фази, коли продукт від кінцевого споживача поступає у зворотний потік матеріальних ресурсів. Ревіталізаційна фаза починається разом з інвестиційною, протікає впродовж експлуатаційної та регенеративної фаз і триває до закінчення проекту.

Фази життєвого циклу проекту екологістичної системи складають множину фаз проектів  $C^f$ , ( $f = \overline{1; F}$ ). Етапи (стадії) фаз проекту складають множину  $S^j$ ,  $f$  ( $f = \overline{1; F}$ ) – фаза проекту,  $j$  ( $j = \overline{1; J}$ ) – етап фази. Етапам фаз проекту відповідають часові інтервали  $[t_i; t_{i+1}]$  ( $i = \overline{1; I-1}$ ), де  $t_i$  – початок,  $t_{i+1}$  – закінчення часового інтервалу тривалості етапу фази проекту, які є віховими подіями. Упродовж життєвого циклу проекту екологістичної системи пропонується виділяти такі віхові події:

$t_0$  – початок проекту, передінвестиційної фази;

$t_1$  – початок інвестиційної та ревіталізаційної фаз, закінчення передінвестиційної фази;

$t_2$  – початок експлуатаційної фази, закінчення інвестиційної фази;

$t_3$  – початок регенеративної фази;

$t_4$  – закінчення експлуатаційної фази;

$t_5$  – закінчення регенеративної фази;

$t_6$  – закінчення проекту, ревіталізаційної фази.

Таким чином, життєвий цикл містить множину  $TI^i$ , ( $i = \overline{1; I-1}$ ) часових інтервалів  $[t_i; t_{i+1}]$  – проміжків часу, початком і завершенням яких є віхові події, яким відповідають початок або завершення фази (етапу) проекту, що характеризуються отриманням певного результату.

До життєвого циклу проекту екологістичної системи входять фази, які відрізняються кількістю етапів в їх складі:

перша, передінвестиційна фаза –  $P_{[0;1]}^{11}$ ,

друга, інвестиційна фаза –  $I_{[1;2]}^{21}$ ,

третья, експлуатаційна фаза –  $O_{[2;3]}^{31}$ ,  $O_{[3;4]}^{32}$ ,

четверта, регенеративна фаза –  $R^{41}$ ,  $R^{42}$ ,  
п'ята, ревіталізаційна фаза –  $V^{51}$ ,  $V^{52}$ ,  $V^{53}$ ,  $V^{54}$ ,  $V^{55}$  (рис. 1).

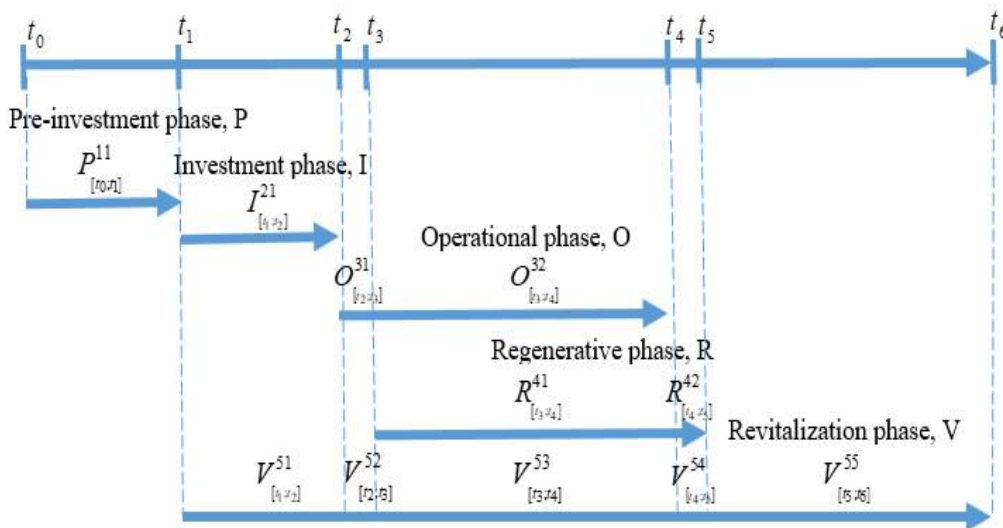


Рис. 1. Графічна модель життєвого циклу проекту екологістичної системи  
Джерело: власна розробка автора

Етапи життєвого циклу проекту екологістичної системи завершуються отриманням проміжного результату – продукту фази (етапу) проекту, який належить до множини продуктів проекту  $R^{ij}$ ,  $(f = \overline{1; F})$ ,  $(j = \overline{1; J})$ ,  $(i = \overline{1; I-1})$ .

Упродовж часового інтервалу  $[t_0; t_1]$  протікає передінвестиційна фаза  $P^{11}$ , результатом якої є документально оформлений проект екологістичної системи  $PD^{11}$ .

Протягом часового інтервалу  $[t_1; t_2]$  протікають: інвестиційна фаза  $I^{21}$ , результатом якої є екологістична система  $ELS^{21}$ , та етап ревіталізаційної фази  $V^{51}$ , результатом якого є ревіталізація наслідків створення екологістичної системи  $RV^{51}$ .

Упродовж часового інтервалу  $[t_2; t_3]$  протікають: етап експлуатаційної фази  $O^{31}$ , результатом якого є логістичний потік (прямий матеріальний потік)  $DMF^{31}$ , та етап ревіталізаційної фази  $V^{52}$ , результатом якого є ревіталізація наслідків екологістичного потоку (прямого матеріального потоку)  $RV^{52}$ .

Протягом часового інтервалу  $[t_3; t_4]$  протікають: етап експлуатаційної фази  $O^{32}$ , результатом якого є логістичний потік (прямий матеріальний потік)  $DMF^{32}$ , етап регенеративної фази  $R^{41}$ , результатом якого є логістичний потік (зворотний

матеріальний потік)  $RMF_{[3;4]}^{41}$ , та етап ревіталізаційної фази  $V_{[3;4]}^{53}$ , результатом якого є ревіталізація наслідків руху логістичного потоку (прямого й зворотного матеріальних потоків)  $RV_{[3;4]}^{53}$ .

Упродовж часового інтервалу  $[t_p; t_s]$  протікають: етап регенеративної фази  $R_{[4;5]}^{42}$ , результатом якого є логістичний потік (зворотний матеріальний потік)  $RMF_{[4;5]}^{42}$ , та етап ревіталізаційної фази  $V_{[4;5]}^{54}$ , результатом якого є ревіталізація наслідків руху логістичного потоку (зворотного матеріального потоку)  $RV_{[4;5]}^{54}$ .

Протягом часового інтервалу  $[t_s; t_6]$  протікає етап ревіталізаційної фази  $V_{[5;6]}^{55}$ , результатом якого є ревіталізація наслідків проекту екологістичної системи  $RV_{[5;6]}^{55}$ .

Отримання продуктів проекту  $R_{[i; i+1]}^{fj}$  характеризується відповідними потоками грошових коштів  $CF_{[i; i+1]}^{fj}$ , ( $f = \overline{1; F}$ ), ( $j = \overline{1; J}$ ), ( $i = \overline{1; I-1}$ ), які формуються з притоків  $IF_{[i; i+1]}^{fj}$  та відтоків  $OF_{[i; i+1]}^{fj}$  грошових коштів.

Отже, для характеристики грошових потоків життєвого циклу проекту екологістичної системи формуються такі множини:

– множина потоків грошових коштів, які генерують проміжні продукти проекту:

$$CF_{[i; i+1]}^{fj} = \left\{ CF_{[0;1]}^{11}; CF_{[1;2]}^{21}; CF_{[2;3]}^{31}; CF_{[3;4]}^{32}; CF_{[3;4]}^{41}; CF_{[4;5]}^{42}; CF_{[1;2]}^{51}; CF_{[2;3]}^{52}; CF_{[3;4]}^{53}; CF_{[4;5]}^{54}; CF_{[5;6]}^{55} \right\};$$

– множина притоків грошових коштів:

$$IF_{[i; i+1]}^{fj} = \left\{ IF_{[0;1]}^{11}; IF_{[1;2]}^{21}; IF_{[2;3]}^{31}; IF_{[3;4]}^{32}; IF_{[3;4]}^{41}; IF_{[4;5]}^{42}; IF_{[1;2]}^{51}; IF_{[2;3]}^{52}; IF_{[3;4]}^{53}; IF_{[4;5]}^{54}; IF_{[5;6]}^{55} \right\};$$

– множина відтоків грошових коштів:

$$OF_{[i; i+1]}^{fj} = \left\{ OF_{[0;1]}^{11}; OF_{[1;2]}^{21}; OF_{[2;3]}^{31}; OF_{[3;4]}^{32}; OF_{[3;4]}^{41}; OF_{[4;5]}^{42}; OF_{[1;2]}^{51}; OF_{[2;3]}^{52}; OF_{[3;4]}^{53}; OF_{[4;5]}^{54}; OF_{[5;6]}^{55} \right\}.$$

Під час розрахунку грошових потоків, що надходять упродовж часового інтервалу  $[t_p; t_{i+l}]$ , ( $i = \overline{0; I-1}$ ), необхідно враховувати притоки й відтоки грошових коштів, що генеруються в разі створення продуктів фаз проекту на певних часових інтервалах, як представлено у формулі:

$$CF_{[i; i+l]}^{fj} = \sum_{f=1}^F \sum_{j=1}^J CF_{[i; i+l]}^{fj} = \sum_{f=1}^F \sum_{j=1}^J \left( IF_{[i; i+l]}^{fj} + OF_{[i; i+l]}^{fj} \right), \quad (1)$$

де  $CF_{[i; i+l]}^{fj}$  – потоки грошових коштів, які генеруються впродовж етапу  $j$  фази  $f$  проекту, що здійснюються протягом часового інтервалу  $[t_p; t_{i+l}]$ , ( $i = \overline{0; I-1}$ ).

Потоки грошових коштів  $CF_{[t^i; t^{i+1}]}^j$  різняться впродовж життєвого циклу й приймають залежно від притоків  $IF_{[t^i; t^{i+1}]}^j$  та відтоків  $OF_{[t^i; t^{i+1}]}^j$  позитивні або негативні значення залежно від етапу проєкту.

До множини часових інтервалів  $TI^i$  входять дві підмножини:

– підмножина часових інтервалів  $TI^i(OF)$ , яким відповідають грошові потоки, що складаються тільки з відтоків грошових коштів, тобто  $TI^i(IF; OF) \in TI^i(IF = 0; OF \neq 0)$ ,  $TI^i(OF) = \{[t_0; t_1]; [t_1; t_2]; [t_5; t_6]\}$ ;

– підмножина часових інтервалів  $TI^i(IF, OF)$ , яким відповідають грошові потоки, що складаються з притоків і відтоків грошових коштів, тобто  $TI^i(IF; OF) \in TI^i(IF \neq 0; OF \neq 0)$ ,  $TI^i(IF; OF) = \{[t_2; t_3]; [t_3; t_4]; [t_4; t_5]\}$ .

Формують грошові потоки на часових інтервалах, що належать множині  $TI^i(OF)$ , відтоки грошових коштів на:

– передінвестиційній фазі:

$$CF_{[t_0; t_1]} = CF_{[t_0; t_1]}^{11} = OF_{[t_0; t_1]}^{11}; \quad (2)$$

– інвестиційній фазі:

$$CF_{[t_1; t_2]} = CF_{[t_1; t_2]}^{21} + CF_{[t_1; t_2]}^{51} = OF_{[t_1; t_2]}^{21} + OF_{[t_1; t_2]}^{51}; \quad (3)$$

– останньому етапі ревіталізаційної фази:

$$CF_{[t_5; t_6]} = CF_{[t_5; t_6]}^{56} = OF_{[t_5; t_6]}^{56}. \quad (4)$$

Часовим інтервалам  $TI^i(IF; OF)$  життєвого циклу, яким характерні не тільки відтоки, але й притоки грошових коштів, належать потоки грошових коштів:

– першого етапу експлуатаційної та другого етапу ревіталізаційної фази:

$$CF_{[t_2; t_3]} = CF_{[t_2; t_3]}^{31} + CF_{[t_2; t_3]}^{52} = IF_{[t_2; t_3]}^{31} + OF_{[t_2; t_3]}^{31} + IF_{[t_2; t_3]}^{52} + OF_{[t_2; t_3]}^{52}; \quad (5)$$

– другого етапу експлуатаційної, першого етапу регенеративної та третього етапу ревіталізаційної фаз:

$$CF_{[t_3; t_4]} = CF_{[t_3; t_4]}^{32} + CF_{[t_3; t_4]}^{41} + CF_{[t_3; t_4]}^{53} = IF_{[t_3; t_4]}^{32} + OF_{[t_3; t_4]}^{32} + IF_{[t_3; t_4]}^{41} + OF_{[t_3; t_4]}^{41} + IF_{[t_3; t_4]}^{53} + OF_{[t_3; t_4]}^{53}; \quad (6)$$

– другого етапу регенеративної та четвертого етапу ревіталізаційної фаз:

$$CF_{[t_4; t_5]} = CF_{[t_4; t_5]}^{42} + CF_{[t_4; t_5]}^{54} = IF_{[t_4; t_5]}^{42} + OF_{[t_4; t_5]}^{42} + IF_{[t_4; t_5]}^{54} + OF_{[t_4; t_5]}^{54}. \quad (7)$$

Додавання еколого-орієнтованих фаз до життєвого циклу вносить певні зміни у формування грошових потоків проекту. Збільшується кількість фаз, на яких формуються притоки грошових коштів шляхом регенеративної фази. Також збільшується кількість фаз, упродовж яких утворюються відтоки грошових коштів шляхом регенеративної та ревіталізаційної фази.

Оцінити ефективність проекту екологістичної системи пропонується за допомогою критерію дисконтованого строку окупності –  $DPP$  – як інтегрованого показника, що враховує ефективність процесу управління проектом на кожному часовому інтервалі життєвого циклу.

Оскільки моделювання потоків грошових коштів проекту здійснюється на початку проекту, коли точно спрогнозувати їх значення досить складно, прийmemo, що регенеративна фаза починається практично одночасно з експлуатаційною, тобто  $\Delta t_{23} = (t_3 - t_2) \rightarrow \min$  та  $\Delta t_{45} = (t_5 - t_4) \rightarrow \min$ . У такому випадку можливо припустити, що потоки грошових коштів упродовж експлуатаційної та регенеративної фази приймають умовно-постійні значення:

$$CF_{[2;3]} = CF_{[3;4]} = CF_{[4;5]} = CF_{[i;i+1]}^{const}, (i = \overline{2;4}) . \quad (8)$$

Дисконтований строк окупності відповідає моменту часу, коли чиста сучасна вартість проекту  $NPV$  дорівнює нулю, тобто за формулою:

$$-I_0 + \sum_{i=1}^T CF_i \cdot q^i = 0, \quad (9)$$

де  $I_0$  – первісні інвестиції в проект;  $q = \frac{1}{1+r}$  – коефіцієнт дисконтування;  $r$  – ставка дисконтування.

Відповідно до думки Т.В. Болдиревої та Т.А. Ковтун [14] для розрахунку дисконтованого строку окупності в разі постійних значень потоків грошових коштів застосовується:

$$DPP = \log_q \left[ 1 - \frac{I_0(1-q)}{CF_{const} \cdot q} \right], \quad (10)$$

де  $CF_{const}$  – постійні потоки грошових коштів у проекті.

Виведемо формулу  $DPP$  для проекту екологістичної системи, враховуючи специфічні особливості складу її життєвого циклу.

Оскільки потоки грошових коштів упродовж часового інтервалу  $[t_2; t_3]$  мають постійні значення, тобто  $CF_{[i;i+1]} = const$ ,  $(i = \overline{2;4})$ , формула (9) прийме вигляд:

$$CF_{[t_0;t_1]} \cdot q^{t_1} + CF_{[t_1;t_2]} \cdot q^{t_2} + \sum_{i=2}^T CF_{[i;i+1]}^{const} \cdot q^{t_{i+1}} + CF_{[t_5;t_6]} \cdot q^{t_6} = 0. \quad (11)$$

Перетворимо формулу суми перших членів геометричної прогресії та запишемо:

$$\sum_{i=2}^T q^{t_{i+1}} = \frac{q^{t_1} (1 - q^T)}{1 - q}. \quad (12)$$

Тоді:

$$\frac{q^{t_2} (1 - q^T)}{1 - q} = \frac{-(CF_{[t_0; t_1]} \cdot q^{t_1} + CF_{[t_1; t_2]} \cdot q^{t_2} + CF_{[t_5; t_6]} \cdot q^{t_6})}{CF_{[t_i; t_{i+1}]}^{const}}. \quad (13)$$

Строк окупності можливо розрахувати за такою формулою:

$$DPP = T = \log_q \left[ 1 + \frac{(CF_{[t_0; t_1]} \cdot q^{t_1} + CF_{[t_1; t_2]} \cdot q^{t_2} + CF_{[t_5; t_6]} \cdot q^{t_6})(1 - q)}{CF_{[t_i; t_{i+1}]}^{const} \cdot q^{t_2}} \right] \quad (14)$$

за умови:

$$1 + \frac{(CF_{[t_0; t_1]} \cdot q^{t_1} + CF_{[t_1; t_2]} \cdot q^{t_2} + CF_{[t_5; t_6]} \cdot q^{t_6})(1 - q)}{CF_{[t_i; t_{i+1}]}^{const} \cdot q^{t_2}} > 0, \quad q > 0, \quad q \neq 1. \quad (15)$$

Отже, якщо на початку проекту екологістичної системи можливо спрогнозувати значення грошових потоків для різних етапів, фаз і часових інтервалів життєвого циклу, а також визначити значення ставки дисконтування грошових коштів, дисконтований строк окупності проекту розраховується за формулою (14). Застосування запропонованої формули дозволяє не тільки знайти значення одного з основних критеріїв оцінки ефективності інвестиційних проектів, але й врахувати особливості життєвого циклу й продуктів проекту екологістичної системи.

**Висновки.** Екологістична система має специфічні характеристики, що відрізняють її від логістичної системи. Зокрема, життєвий цикл проекту екологістичної системи містить екологоорієнтовані фази, впродовж яких здійснюються заходи, спрямовані на збереження та відновлення екосистеми. Модель життєвого циклу проекту екологістичної системи містить п'ять фаз: передінвестиційну, інвестиційну, експлуатаційну, регенеративну й ревіталізаційну, що протікають упродовж шести часових інтервалів. Передінвестиційна, інвестиційна й експлуатаційна фаза здійснюються послідовно, регенеративна фаза починається відразу після початку експлуатаційної фази, ревіталізаційна фаза протікає паралельно з інвестиційною, експлуатаційною та регенеративною фазами. Закінчення ревіталізаційної фази означає закінчення проекту. Кожному часовому інтервалу відповідають потоки грошових коштів певних фаз. Представлено модель життєвого циклу, яка враховує притоки й відтоки грошових коштів протягом часових інтервалів. Розроблено математичну формулу для розрахунку дисконтованого строку окупності проекту екологістичної системи, що враховує грошові потоки впродовж часових інтервалів і припускає, що потоки грошових коштів протягом етапів експлуатаційної та регенеративної фаз умовно-постійні.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Программа действий. Повестка дня на XXI век и другие документы Конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. Женева : Центр «За наше общее будущее», 1993. 70 с.
2. Ковтун Т.А. Визначення ролі екологізації в досягненні цілей сталого розвитку. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2020. № 2 (71). С. 63–81.
3. Екологоорієнтоване логістичне управління виробництвом : монографія / Є.В. Мішенін, І.І. Коблянська, Т.В. Устік, І.Є. Ярова ; за наук. ред. д. е. н., проф. Є.В. Мішеніна. Суми : ТОВ «Друкарський дім «Папірус», 2013. 248 с.
4. Towards a circular economy: the role of dutch logistics industries and governments / N. Van Buren et al. *Sustainability*. 2016. № 647. <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/7/647>.
5. Руденко С.В., Ковтун Т.А. Екологізація логістики як напрямок реалізації концепції сталого розвитку. *Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій* : монографія / авт. кол. С.В. Руденко, І.О. Лапкіна та ін. Том 3. Одеса : Куприєнко С.В., 2020. С. 7–24.
6. Международный стандарт ISO 14001:2004. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. 2004. 30 с.
7. Букринская Э.М., Мясникова Л.А. Логистика взаимодействия участников системы обращения с отходами. *Проблемы современной экономики*. 2018. № 3 (67). С. 152–157.
8. Дзюбіна К.О. Місце зворотного матеріального потоку у виробничо-господарській діяльності підприємства. *Вісник Дніпропетровського університету (ім. О. Гончара). Серія: Економіка*. Дніпропетровськ, 2011. Випуск 5 (4). С. 163–171.
9. Бэджюли Ф. Управление проектом. Москва : ФАИР-ПРЕСС, 2002. 208 с.
10. Рач В.А. Особенности взаимодействия руководителя и команды на различных этапах проекта. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2004. № 1. С. 160–170.
11. The GPM®Global P5™ Standard for Sustainability in Project Management. Ver. 1.5. GPM Global. URL: <https://www.greenprojectmanagement.org/the-p5-standard>.
12. Онищенко С.П., Арабаджи Е.С. Разработка инструментов управления временем в рамках планирования реализации программы развития предприятия. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. № 2/3 (28). С. 7–12.
13. Ahsan K., & Gunawan I. Analysis of cost and schedule performance of international development projects. *International Journal of Project Management*. 2010. № 28 (1). С. 68–78.
14. Болдырева Т.В., Ковтун Т.А. Методический подход к инициализации параметров продуктов проекта транспортного предприятия. *Вісник Одеського національного морського університету : збірник наукових праць*. 2009. Вип. 22. С. 166–180.

### REFERENCES

1. Programma dejstvij. Povestka dnya na 21 vek i drugie dokumenty Konferencii v Rio-de-Zhanejro v populyarnom izlozhenii (1993). Zheneva: Centr "Za nashe obshchee budushchee". 70 p. [in Russian].
2. Kovtun, T. (2020). Determining the role of greening in achieving sustainable development goals. *Development of methods of management and administration of transport*. 2(71). 63–81 [in Ukraine].
3. Mishenin, E.V., Koblyanska, I.I., Ustik, T.V. & Yarova, I.E. (2013). Yekologorientovane logistichne upravlinnya virobnitstvom. Sumi: TOV "Drukarskiy dim "Papyrus". 248 p. [in Ukraine].
4. Van Buren, N. & et al. (2016). Towards a circular economy: the role of dutch logistics industries and governments. *Sustainability*. 647 p. URL: <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/7/647>.
5. Rudenko, S.V. & Kovtun, T.A. (2020). Greening of logistics as a direction of realization of the concept of sustainable development. *Project and logistics management: new knowledge based on two methodologies*. Volume 3: monograph. Odessa. 7–24 [in Ukraine].
6. Mezhdunarodnyj standart ISO 14001:2004 (2004). Sistemy ehkologicheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniyu. 30 p. [in Russian].
7. Bukrinskaya, E.M. & Myasnikova, L.A. (2018). Logistics of interaction of participants of the waste management system. *Problems of modern economy*. 3 (67). 152–157 [in Russian].
8. Dzyubina, K.O. (2011). The place of the reverse material flow in the production and economic activities of the enterprise. *Bulletin of Dnipropetrovsk University (named after O. Honchar). Series: Economics*. 5 (4). Dnipropetrovsk, 163–171 [in Ukraine].
9. Bagiuli, F.(2002). Project Management. Moscow. FAIR-PRESS. 208 p. [in Russian].
10. Rach, V.A., Antonenko, S.V. & Turtle G.S. (2004). Features of interaction between the leader and the team at different stages of the project. *Project management and development of virobnitstva*, 1. 160–170 [in Russian].
11. The GPM®GlobalP5™Standard for Sustainability in Project Management. Ver. 1.5. GPM Global. <https://www.greenprojectmanagement.org/the-p5-standard>.
12. Onishchenko, S.P., Arabadzhi, E.S. (2016). Razrabotka instrumentov upravleniya vremenem v ramkakh planirovaniya realizacii programmy razvitiya predpriyatiya. *Tekhnologicheskij audit i rezervy proizvodstva*. 2/3 (28). 7– 12 [in Russian].
13. Ahsan, K., & Gunawan, I. (2010). Analysis of cost and schedule performance of international development projects. *International Journal of Project Management*. 28 (1). 68–78.
14. Boldyireva, T.V., Kovtun, T.A. (2009). Metodicheskiy podhod k initsializatsii parametrov produktov proekta transportnogo predpriyatiya. *Visnik Odeskogo natsionalnogo morskogo universitetu*. 22. 166–180. [in Russian].

## АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ І ПРОГРАМ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ

**Р.С. Лисак**

асистент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,  
Національний транспортний університет, Київ, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-2776-5623

### **Анотація**

**Вступ.** У статті проведений аналіз наукової літератури, який дав змогу визначити, що безпека на транспорті здійснює вагомий вплив на економічний потенціал країни, стимулює розвиток суміжних взаємопов'язаних галузей. Проблема розвитку транспорту, транспортних технологій присвячено значну кількість наукової літератури, але дослідженню проєктів безпеки на транспорті приділено мало уваги. З метою досягнення стабільного розвитку, підвищення рівня життя та добробуту населення та безпечного використання транспорту Україна взяла вектор європейського розвитку. У роботі був проведений огляд впровадження проєктів і програм безпеки для сталого розвитку транспорту. Було визначено, що виробниче значення транспорту визначається об'єктивною необхідністю переміщення вантажів від місця виробництва до місць споживання. Головною задачею транспорту є своєчасне, якісне й повне забезпечення потреб населення в якісних і безпечних перевезеннях. **Мета.** Стаття розкриває результати аналізу впровадження проєктів безпеки на автотранспортних підприємствах для сталого розвитку транспорту. **Результати.** Було досліджено, що в Україні існує досить висока небезпека дорожньо-транспортних пригод за участю автомобільного транспорту з вини водіїв. Було визначено, що одним з основних чинників, що впливає на виникнення дорожньо-транспортних пригод, залишається людський фактор. Встановлено, що більшість небезпечних помилок роблять водії через неспроможність вчасно й правильно відреагувати на несподівані зміни в дорожній обстановці. **Висновки.** Для формування та реалізації державної політики з питань безпеки на автомобільному транспорті загального користування необхідно систематично впроваджувати проєкти безпеки в діяльність автотранспортних підприємств. У статті ми пропонуємо впровадження європейських стандартів системи управління безпекою в діяльність автотранспортних підприємств та як їх складових частин – стандарти ISO 14000 та OHSAS 18001.

**Ключові слова:** проєкти безпеки на транспорті, система екологічного менеджменту, безпека праці, дорожньо-транспортна пригода, перевезення пасажирів і вантажів.

IMPLEMENTATION ANALYSIS OF PROJECTS AND PROGRAMS  
OF THE TRANSPORT COMPLEX'S SAFETY

R.S. Lysak

Assistant Lecturer at the Department of Ecology and Safety of Vital Functions,  
National Transport University, Kyiv, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-2776-5623

**Summary**

**Introduction.** In the article analysis of the scientific literature was performed, which allowed us to determine that transport safety has a significant impact on the economic potential of the country, stimulates the development of interconnected industries. A significant amount of scientific literature is devoted to the problems of transport development and transport technologies, but little attention is paid to the study of transport safety projects. In order to achieve sustainable development, improve living standards and welfare and safe use of transport, Ukraine has taken the vector of European development. This paper reviews the implementation of security projects and programs for sustainable transport development. It was determined that the production value of transport is determined by the objective need to move goods from the place of production to places of consumption. The main task of transport is timely, high-quality and full provision of needs of the population in qualitative and safe transportations. **Purpose.** This article reveals the results of the analysis of the safety projects implementation in motor transport enterprises for sustainable transport development. **Results.** It was investigated that in Ukraine there is a fairly high risk of traffic accidents involving motor vehicles through the fault of drivers. It was determined that one of the main factors influencing the occurrence of traffic accidents remains the human factor. It has been established that most dangerous mistakes are made by drivers due to the inability to react in a timely and correct manner to unexpected changes in the traffic situation. **Conclusions.** For the formation and implementation of state policy on safety in public road transport, it is necessary to systematically implement safety projects in the activities of motor transport enterprises. In this article we propose the implementation of European standards of safety management system and as their constituent standards ISO 14000 and OHSAS 18001 in the activities of motor transport enterprises.

**Key words:** transport safety projects, environmental management system, occupational safety, traffic accident, transportation of passengers and goods.

**Вступ.** Співробітництво між Україною та ЄС у сфері транспорту регламентується Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом (далі – Угода про асоціацію) [1], яка 1 вересня 2017 року в повному обсязі набрала чинності. Угода про асоціацію відкрила нові можливості для активного співробітництва в різних сферах економіки, а особливо в транспортній галузі, а також встановила вимоги, досягнення яких сприятиме інтеграції України в європейську транспортну спільноту. Однак в Україні не прийняті базові євроінтеграційні закони у сфері транспорту. Поряд із цим маємо недофінансування галузі, використання застарілих технологій, недостатні інноваційність та увагу до впровадження екологічно чистого транспорту. Це проявляється низькими рівнями безпеки й низьким рівнем надання якісних транспортних послуг.

Натепер транспортна галузь задовольняє лише основні потреби населення та економіки в перевезеннях за обсягом, але не за якістю. Сучасний стан транспортної галузі не повною мірою відповідає вимогам ефективної реалізації євроінтеграційного курсу України. Для забезпечення розвитку сталої національної транспортної політики у 2018 році прийнято Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року [2]. Її метою є створення інтегрованого до світової транспортної мережі безпечно дійового й ефективного транспортного комплексу України [3].

Покращення безпеки на дорогах є світовою проблемою, що поступово стає пріоритетом для кожного суспільства. Незважаючи на поліпшення дорожньої безпеки, приблизно 1,25 мільйона людей гинуть щороку внаслідок аварій на дорогах відповідно до Загального інформаційного звіту Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я за 2015 рік. Цілі сталого розвитку, прийняті Генеральною Асамблеєю ООН, передбачають зменшення смертності й травмувань в аваріях на дорогах на 50 % до 2020 року [4].

**Постановка проблеми.** У переліку загальних проблем, що потребують розв'язання, значне місце займає проблема низького рівня впровадження та реалізації проектів безпеки на підприємствах транспорту. Розв'язання цих питань потребують системного й збалансованого підходу до впровадження тих чи інших проектів безпеки для різних стейкхолдерів транспортної галузі. Однією з головних цілей управління автомобільним транспортом є прагнення значно зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП). Саме тому урядові органи несуть особливу відповідальність щодо заохочення стейкхолдерів транспортного комплексу впроваджувати проекти безпеки на дорогах у загальну політику своїх підприємств [5]. Оскільки аварії складають понад 2 % валового національного продукту (далі – ВВП), менша кількість аварій означає зменшену вартість ремонту, зниження медичних і страхових витрат, економію часу, загальну задоволеність клієнтів і покращену репутацію транспортної компанії. [6]

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання безпеки автомобільного транспорту в Україні й забезпечення безпеки перевезень на автотранспортних підприємствах розглянуті в роботах Т.І. Анісімової, М.А. Касьянова, О.І. Мельниченка, І.І. Галак і багатьох інших вчених [7; 8; 9]. Науковці В.П. Матейчик, М.П. Цюман, С.В. Коломієць у своїх дослідженнях значну увагу приділяють питанням безпеки транспортних підприємств із боку екології [10; 11]. Особливості управління ризиками в проектах розвитку транспорту розглядаються в роботі В.І. Зюзюна [12]. Важливі моменти щодо впровадження проектів для забезпечення сталого розвитку транспортно-дорожнього комплексу розглянуті в багатьох наукових працях В.О. Хрутьби [13].

**Формулювання цілей статті.** Мета статті – визначити стан впровадження проектів безпеки на підприємствах для сталого розвитку транспорту й проаналізувати переваги й ризики впровадження проектів безпеки для різних підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** Транспорт є одним зі способів зв'язку між галузями, підприємствами, регіонами держави, зарубіжними країнами. Завдяки активному розвитку торгівлі попит на транспортні послуги не лише залишається актуальним, а й зростає щороку. До транспортної системи України входить

залізничний, автомобільний, річковий, морський, повітряний і трубопровідний транспорт. Згідно із цими універсальними видами транспорту загального користування працює промисловий транспорт, що забезпечує потреби в технологічних перевезеннях підприємств, будівництв та організацій. Кожен із видів транспорту має конкретні особливості з боку логістичного менеджменту, переваги й недоліки, які визначають можливості його використання в транспортному комплексі України.

Оскільки транспортні перевезення є безпосереднім вираженням зв'язків між окремими етапами товароруку, ефективність цього процесу великою мірою залежить від способу реалізації переміщення вантажів. Аналіз даних із вантажообігу України за січень-серпень 2018–2020 років [14] показав, що за 2019 рік цей показник збільшився в порівнянні з аналогічним періодом 2018 року. Якщо порівнювати дані за 2020 рік, то вантажообіг зменшився навіть у порівнянні з 2018 роком (рис. 1). Це можна пояснити економічною нестабільністю та карантинними обмеженнями світового масштабу.

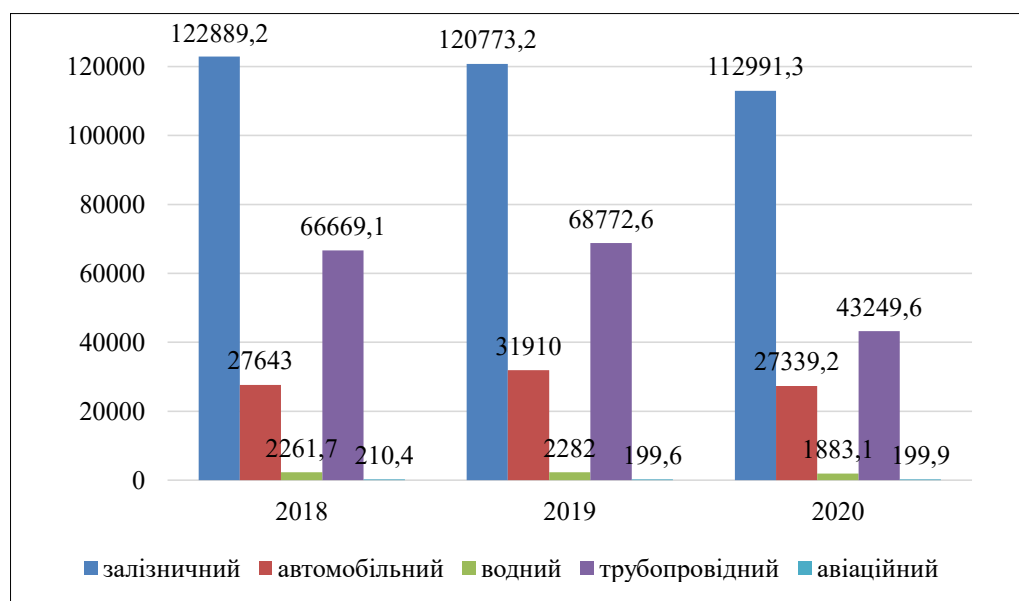


Рис. 1. Вантажообіг за видами транспорту за січень-серпень 2018–2020 рр. відповідно (млн ткм)

Для здійснення пасажирських і вантажних перевезень в Україні важливе значення має автомобільний транспорт. Хоча за обсягом перевезень вантажів автомобільний транспорт поступається залізничному в 4,5–5 разів, але у вантажних перевезеннях на короткі відстані перевага надається автомобільному транспорту. Численні автотранспортні підприємства мають досить повно укомплектовану виробничу базу й розгалужену мережу інфраструктурних об'єктів: автовокзалів, автостанцій, транспортно-експедиційних підприємств, терміналів [15].

Згідно зі статистичними даними Державної служби України з безпеки на транспорті [16] протягом 2020 року на автошляхах України сталося 807 дорожньо-транспортних пригод за участю водіїв автомобільного транспорту, які надають послуги з перевезення пасажирів і вантажів.

Порівнюючи показники аварійності на ліцензованому автомобільному транспорті, видно, що за 2019 рік кількість ДТП за участю транспортних засобів ліцензованих автомобільних перевізників із вини водіїв збільшилась у порівнянні з 2018 роком на 6,1 %. Водночас спостерігається зростання кількості ДТП із вини водіїв автобусів на 6,2 % і вантажних автомобілів на 20 %. Кількість ДТП із вини водіїв легкових автомобілів-таксі за цей період зменшилась на 9,3 %.

Аналізуючи загальну кількість ДТП за участю автомобільного транспорту з вини водіїв за 2020 рік, можна спостерігати тенденцію до значного зниження всіх вищезазначених показників не лише у порівнянні з 2019 роком, а і щодо 2018 року.

Загальна кількість ДТП за участю автомобільного транспорту з вини водіїв становить 807 випадків (для порівняння: 1 420 і 1 507 випадків у 2018 й 2019 році відповідно), з вини водіїв автобусів – 710 випадків (1 307 і 1 381 у 2018 й 2019 році відповідно), з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів – 64 (60 у 2018, 72 у 2019 році), з вини водіїв легкових автомобілів-таксі – 33 (59 у 2018, 54 у 2019 році).

Це можна пояснити значними карантинними обмеженнями щодо пересування пасажирів і зменшенням кількості вантажних перевезень, пов'язаних із пандемією Covid-19 у 2020 році. У зв'язку із цим загальна аварійність за участю автомобільного транспорту з вини водіїв знизилась на 43 % у порівнянні з 2018 і на 47 % у порівнянні з 2019 роком.

Таблиця 1

**Кількість ДТП за участю автомобільного транспорту  
з вини водіїв протягом 2018–2020 років**

Назва показника (класифікація та наслідки аварійних подій)	Кількісні значення показника (випадки, особи, питоми показники аварійності)		
	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Загальна кількість ДТП за участю автомобільного транспорту з вини водіїв, у тому числі:	1 420	1 507	807
з вини водіїв автобусів	1 307	1 381	710
з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів	60	72	64
з вини водіїв легкових автомобілів-таксі	59	54	33

Отже, одним з основних чинників, що впливає на виникнення ДТП, залишається людський фактор. Встановлено, що більшість небезпечних помилок роблять водії через неспроможність вчасно й правильно відреагувати на несподівані зміни в дорожній обстановці.

Чисельність водіїв натеper займає більшу частину всієї чисельності працівників автотранспорту. У зв'язку із цим безпека руху, якість перевезень

і продуктивність праці залежать від ефективності організації їхньої роботи. Для формування та реалізації державної політики з питань безпеки на автомобільному транспорті загального користування необхідно систематично впроваджувати проекти безпеки в діяльність автотранспортних підприємств. У таблиці 2 представлено проекти безпеки, що були впроваджені в Україні.

Таблиця 2

**Аналіз наявних проєктів і програм безпеки на транспорті**

№ з/п	Назва проєкту безпеки	Мета проєкту	Цільова аудиторія	Ризики
1	Державна програма підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні	Зниження рівня смертності внаслідок ДТП на 30 % до 2020 року	Населення України	Соціальні, технічні, економічні
2	Подальша підтримка імплементації Угоди про асоціацію між Україною та ЄС та Національної транспортної стратегії в Україні	Поліпшення умов безпеки на дорогах у країні відповідно до політики ЄС і глобальних стратегій для зменшення кількості загиблих та обсягів збитків внаслідок автомобільних аварій	Населення України	Політичні, соціальні, економічні, технічні
3	Модернізація та підвищення безпеки мережі автомобільних доріг в Україні	Сприяння істотному скороченню смертності й травматизму на автомобільних дорогах України, починаючи з покращення умов на ділянках українських доріг, що фінансуються Європейським інвестиційним банком / ЄС та іншими Міжнародними фінансовими організаціями, й закінчуючи покращенням таких умов на всіх дорогах України	Дорожні організації, перевізники, пасажери	Політичні, економічні, соціальні, технічні
4	Підвищення безпеки автомобільних доріг у містах України	Зменшення кількості загиблих і серйозно постраждалих у дорожньо-транспортних пригодах у міських зонах з особливою увагою до двох категорій постраждалих – пішоходів і велосипедистів і покращення ефективності й рівня безпеки міського транспорту	Дорожні організації, перевізники, пасажери	Економічні, соціальні, технічні
5	Не жени, Україно!	Покращення дотримання правил дорожнього руху щодо обмежень швидкості	Водії, чоловіки віком від 30 до 45	Соціальні
6	Безпечні переходи з острівцями безпеки	Збереження життів пішоходів і зменшення травматизму учасників дорожнього руху	Користувачі центру міста Києва й водії	Соціальні, технічні
7	Безпечний транспорт	Формування практичних навичок безпечної поведінки на дорогах у всіх учасників педагогічного процесу	Батьки дітей дошкільного віку	Соціальні

Також для ефективності процесу перевезень пасажирів і вантажів необхідно правильно спланувати й організувати роботу водіїв: дотримання нормованого режиму праці й відпочинку, складання робочого графіка з урахуванням правильного чергування денних і нічних змін роботи, уникнення понаднормових робіт із метою недопущення фізичного перевантаження водіїв, зменшення впливу негативних факторів виробничого середовища, впровадження нових технологій, які мінімізують вплив на життя та здоров'я працівників. Це можна забезпечити шляхом впровадження європейських стандартів системи управління безпекою транспортних підприємств. Прикладами таких стандартів є ISO 14000 та OHSAS 18001 [17; 18].

Система стандартів ISO 14000 – це серія міжнародних і добровільних для застосування стандартів і настанов, яка орієнтована на екологічний менеджмент підприємства. Вона зосереджує увагу на прагненні використання найкращих доступних технологій і відповідності національним стандартам і природоохоронному законодавству. Шляхом впровадження системи екологічного менеджменту на автотранспортних підприємствах можна мінімізувати вплив діяльності підприємства на здоров'я працівників і населення. Покращення екологічних показників роботи підприємства вплине на підвищення рівня безпеки підприємства в цілому.

Стандарт OHSAS 18001 – «Системи менеджменту безпеки праці й охорони здоров'я». Цей документ містить вимоги до системи менеджменту безпеки праці й охорони здоров'я. Основна увага цього стандарту спрямована на безпеку праці й добробут працівників шляхом зведення до мінімуму ризиків і небезпек для своїх співробітників і стейкхолдерів. Вимоги OHSAS 18001 переплітаються та вдало поєднуються з вимогами ISO 14000 [19].

**Висновки.** Впровадження стандартів ISO 14000 та OHSAS 18001 на підприємствах автотранспортного комплексу сприяє успішній інтеграції суб'єктів господарювання у світову економічну спільноту й відкриває можливості для розширення їхньої діяльності. Необхідно зазначити, що такі підприємства мають високий рівень привабливості на ринку праці. Це допоможе їм сформувати штат висококваліфікованих працівників, що також сприяє підвищенню рівня безпеки підприємства шляхом уникнення помилок під час роботи водіїв.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : Міжнародний документ від 27 червня 2014 р. № 984\_011. База даних «Законодавство України». URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text).
2. Транспортна складова Угоди про асоціацію: стан виконання і перспективи. Доповідь УС ПГС. Грудень 2019 року. URL: [https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2020/03/Web\\_Dopovid\\_Transportna\\_2020.pdf](https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2020/03/Web_Dopovid_Transportna_2020.pdf).
3. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>.

4. Всесвітня Організація Охорони Здоров'я. Глобальний інформаційний звіт з безпеки дорожнього руху. Висновки. 2015. Ст. 1. Звіт повністю. URL: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/).
5. Безпечний та надійний транспорт : Європейська конференція міністрів транспорту. Забезпечення якості. Париж, 2003. 53 с.
6. Всесвітня Організація Охорони Здоров'я : офіційний вебсайт. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>.
7. Анісімова Т.І., Касьянов М.А. Безпека автомобільного транспорту в Україні. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2015. № 1. С. 90–95. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSunU\\_2015\\_1\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSunU_2015_1_20).
8. Мельниченко О.І., Кішка С.П. Безпека дорожнього руху як об'єкт дослідження і постійного забезпечення. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. 2012. Вип. 10. С. 146–149. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal\\_2012\\_10\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2012_10_28).
9. Галак І.І. Оцінка ефективності заходів по забезпеченню безпеки перевезень на АТП. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. 2011. Вип. 8. С. 22–25. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal\\_2011\\_8\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2011_8_6).
10. Матейчик В.П., Цюман Н.П. Особливості моделювання показників екологічної безпеки транспортного засобу при русі в потоці. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. Луцьк : НТУ, 2016. Вип. 1 (5). С. 99–103.
11. Коломієць С.В. Підвищення рівня екологічної безпеки автотранспортних підприємств : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01 «Екологічна безпека». Київ, 2019. 22 с. URL: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/38461>.
12. Зюсюн В.І. Методи та моделі управління екологічними ризиками в проектах розвитку транспорту : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.22 ; Національний транспортний університет. Київ, 2017. 202 с.
13. Хрутьба В.О. Формування основ управління екологічними проектами і програмами для забезпечення сталого розвитку транспортно-дорожнього комплексу. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2014. Вип. 13 (1). С. 195–205.
14. Вантажобіг за видами транспорту. *Державна служба статистики України*. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/tr/tr\\_rik/vo\\_v/arh\\_vo\\_v\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/tr/tr_rik/vo_v/arh_vo_v_u.htm).
15. Перевезення туристів автомобільним транспортом. *Віртуальна читальня освітніх матеріалів для студентів, вчителів, учнів та батьків*. URL: <https://subject.com.ua/tourism/journeys/20.html>.
16. Дорожньо-транспортні пригоди, аварії, катастрофи на ліцензованому автомобільному та міському електричному транспорті. *Державна служба України з безпеки на транспорті*. URL: <https://dsbt.gov.ua/uk/storinka/dorozhno-transportni-prygody-avariyi-katastrofy-na-licenzovanomu-avtomobilnomu-ta-miskomu>.
17. Environmental management. The ISO 14000 family of International Standards. URL: [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/theiso14000family\\_2009.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/theiso14000family_2009.pdf).

18. BS OHSAS 18001:2008 “Occupational health and safety management systems – Requirements”. BSI, 2007. 22 p.
19. Швагер Н.Ю., Заїкіна Д.П. Сертифікація системи управління охороною праці як основа успішної політики в галузі охорони праці на підприємстві. *Гірничий вісник*. 2015. Вип. 99. С. 111–115. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi\\_2015\\_99\\_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2015_99_27).

#### REFERENCES

1. Association Agreement between Ukraine, of the one part, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their Member States, of the other part [Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony]. Document984\_011. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text).
2. Transport component of the Association Agreement: status and prospects [Transportna skladova Uhody pro asotsiatsiiu: stan vykonannia i perspektyvy]. (2019), Report, December. URL: [https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2020/03/Web\\_Dopovid\\_Transportna\\_2020.pdf](https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2020/03/Web_Dopovid_Transportna_2020.pdf)
3. On approval of the National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of May 30 2018 [Pro skhvalennia Natsionalnoi transportnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy]. № 430-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>.
4. World Health Organization, Global Road Safety Information Report. Conclusions [Vsesvitnia Orhanizatsiia Okhorony Zdorovia, Hlobalnyi informatsiinyi zvit z bezpeky dorozhnoho rukhu. Vysnovky]. (2015) Art. 1. URL: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/).
5. European Conference of Ministers of Transport, Safe and Safe Transport. Quality Assurance [Yevropeiska konferentsiia ministriv transportu, Bezpechnyi ta nadiinyi transport. Zabezpechennia yakosti]. (2003). Paris, p. 53.
6. World Health Organization website [Veb-storinka Vsesvitnoi Orhanizatsii Okhorony Zdorovia]. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>.
7. Anisimova, T.I. & Kasianov, M.I. (2015). Safety of road transport in Ukraine [Bezpeka avtomobilnoho transportu v Ukraini]. Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, № 1, P. 90–95. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSUNU\\_2015\\_1\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSUNU_2015_1_20).
8. Melnichenko, O.I. & Kishka, S.P. (2012). Road safety as an object of research and permanent support [Bezpeka dorozhnoho rukhu yak ob'ekt doslidzhennia i postiinoho zabezpechennia]. Project Management, Systems Analysis and Logistics. Technical series,10, P. 146–149. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal\\_2012\\_10\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2012_10_28).

9. Galak, I.I. (2011) Evaluation of the effectiveness of measures to ensure the safety of transportation at the ATE [Otsinka efektyvnosti zakhodiv po zabezpechenniu bezpeky perevezen na ATP]. Project Management, Systems Analysis and Logistics. Technical series, 8, P. 22–25. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal\\_2011\\_8\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2011_8_6).
10. Mateychik, V.P. & Tsyuman, M.P. (2016). Features of modeling of indicators of ecological safety of the vehicle at movement in a stream [Osoblyvosti modeliuвання pokaznykiv ekolohichnoi bezpeky transportnoho zasobu pry rusi v pototsi]. Modern technologies in mechanical engineering and transport, Lutsk: NTU, 1 (5), P. 99–103.
11. Kolomiets, S.V. (2019). Raising the level of environmental safety of motor transport enterprises [Pidvyshchennia rivnia ekolohichnoi bezpeky avtotransportnykh pidpriemstv]: author's ref. dis. for science. degree of Cand. tech. Science: special. 21.06.01 "Ecological safety", Kyiv, 22 p. Retrieved from <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/38461>.
12. Zyuzyun, V.I. (2017). Methods and models of environmental risk management in transport development projects [Metody ta modeli upravlinnia ekolohichnymy ryzykamy v proektakh rozvytku transportu]: dis ... Cand. tech. Sciences: 05.13.22, National Transport University, Kyiv, 202 p.
13. Khrutba, V.O. (2014). Formation of the foundations of management of environmental projects and programs to ensure sustainable development of the transport and road complex [Formuvannia osnov upravlinnia ekolohichnymy proektamy i prohramamy dlia zabezpechennia staloho rozvytku transportno-dorozhnoho kompleksu]. Project management, systems analysis and logistics, 13 (1), P. 195–205.
14. Freight turnover by mode of transport. State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/tr/tr\\_rik/vo\\_v/arh\\_vo\\_v\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/tr/tr_rik/vo_v/arh_vo_v_u.htm).
15. Transportation of tourists by road [Perevezennia turystiv avtomobilnym transportom]. URL: <https://subject.com.ua/tourism/journeys/20.html>.
16. Road accidents, accidents, catastrophes on licensed road and urban electric transport [Dorozhno-transportni pryhody, avarii, katastrofy na litsenzovanomu avtomobilnomu ta miskomu elektrychnomu transporti]. URL: <https://dsbt.gov.ua/uk/storinka/dorozhno-transportni-pryhody-avariyi-katastrofy-na-litsenzovanomu-avtomobilnomu-ta-miskomu>.
17. Environmental management. The ISO 14000 family of International Standards. Retrieved from [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/theiso14000family\\_2009.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/theiso14000family_2009.pdf).
18. BS OHSAS 18001: 2008 "Occupational health and safety management systems – Requirements".
19. Shvager, N.Yu. & Zaikina D.P. (2015). Certification of labor protection management system as the basis of successful policy in the field of labor protection at the enterprise [Sertyfikatsiia systemy upravlinnia okhoronoiu pratsi yak osnova uspishnoi polityky v haluzi okhorony pratsi na pidpriemstvi]. 99, P. 111-115. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi\\_2015\\_99\\_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2015_99_27).

## СІТКОВА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ

**Н.Л. Павлова**

старший викладач кафедри експлуатації портів та технології вантажних робіт,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0001-7528-2370

### **Анотація**

**Вступ.** Високий рівень конкуренції між транспортними компаніями у секторі контейнерних перевезень зумовлює необхідність пошуку шляхів підвищення ефективності організації бізнес-процесів, одним з яких є застосування інноваційних технологій управління, що полягає в застосуванні проектно-методології, тобто переорієнтації бізнес-процесів під вимоги проектного підходу. Основною діяльністю транспортної компанії є організація доставки вантажів, зокрема вантажів у контейнерах. Нині доставка вантажів – це складний багатоетапний і багатоопераційний процес із залученням значної кількості учасників. Одним із напрямів планування й управління комплексом операцій із доставки вантажів є використання методу сіткового планування. **Мета статті** полягає у формуванні типового процесу організації доставки вантажу, використання якого на практиці дасть змогу підвищити ефективність процесу доставки вантажів у контейнерах. **Результати.** У роботі виділено основні бізнес-процеси транспортної компанії, при цьому під терміном «транспортна компанія» мається на увазі компанія – організатор доставки, яким може виступати як лінійний агент, так і експедиторська компанія або логістичний оператор. Розроблено типову схему організації доставки вантажів у контейнерах (на прикладі їх транспортування за системою «від дверей до дверей»). Систематизовано бізнес-процеси транспортної компанії в логічній послідовності, додатково виділено чотири умовні групи: продажі, операції, фінанси й обслуговуючі. Побудовано сітковий графік організації доставки вантажів, як інструментарій використовувалося програмне забезпечення Microsoft Project. **Висновки.** Моделювання процесу організації перевезення зовнішньоторговельних вантажів у контейнерах на основі інформаційних технологій дасть змогу підвищити ефективність усього процесу доставки за рахунок кращої координації процесу.

**Ключові слова:** транспортна компанія, бізнес-процеси, доставка вантажів, сіткова модель, Microsoft Project.

**NETWORK MODEL OF THE PROCESS OF ORGANIZATION  
OF CARGOS DELIVERY IN CONTAINERS**

**N.L. Pavlova**

Senior Lecturer at the Department of Port Operation and Cargo Works Technology,  
Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0001-7528-2370

**Summary**

**Introduction.** The high level of competition between transport companies in the container transport sector necessitates the need to find ways to improve the efficiency of business processes, one of which is the use of innovative management technologies, which is the application of project methodology, ie reorientation of business processes to the project approach. The main activity of the transport company is the organization of delivery of cargos, in particular cargo in containers. Today, cargo delivery is a complex multi-stage and multi-operational process involving a significant number of participants. One of the areas of planning and management of a complex of cargo delivery operations is the use of the method of network planning. **The purpose of the article** is to form a typical process of organizing the delivery of cargos, the use of which in practice will increase the efficiency of the process of delivery of cargos in containers. **Results.** The main business processes of the transport company are highlighted in the work, while the term "transport company" refers to the company – the organizer of delivery, which can be both a line agent and a forwarding company or logistics operator. A standard scheme for organizing the delivery of cargos in containers (on the example of their transportation on a "door to door" basis) has been developed. The business processes of the transport company are systematized in a logical sequence, additionally distinguishing four conditional groups: sales, operations, finance and service. A network schedule of cargo delivery organization was built, Microsoft Project software was used as a tool. **Conclusions.** Modeling the process of organizing the transportation of foreign trade cargos in containers on the basis of information technology will increase the efficiency of the entire delivery process through better coordination of the process.

**Key words:** transport company, business processes, cargo delivery, grid model, Microsoft Project.

**Вступ.** У сучасних умовах одним із найбільш затребуваних видів транспортного бізнесу є організація контейнерних перевезень, при цьому спостерігається тенденція підвищення рівня конкуренції в транспортній сфері, що зумовлює необхідність пошуку шляхів підвищення ефективності організації бізнес-процесів. Ключовим чинником конкурентоспроможності транспортної компанії є ефективний менеджмент, одним із варіантів забезпечення якого виступає проєктна методологія.

Процес доставки зовнішньоторговельних вантажів у контейнерах складається з безлічі операцій, які виконуються цілим комплексом учасників. При цьому унікальність характерна кожній послугі з організації доставки, оскільки вимоги та умови здійснення доставки специфічні для кожного конкретного клієнта і доставки, що робить можливим розгляд її як проєкту [4].

Планування й управління комплексом робіт із проєкту являє собою складне і, як правило, суперечливе завдання. Оцінка параметрів, що здійснюється в межах

цього завдання, проводиться різними методами. Серед існуючих можна виділити метод сіткового планування, оскільки сіткові моделі дають можливість прогнозувати процес виконання проєкту й оптимізувати бізнес-процес.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання, пов'язані з організацією доставки вантажів, зокрема зовнішньоторговельних вантажів у контейнерах, а також питання конкурентного середовища транспортних компаній є предметом досліджень багатьох учених і фахівців транспортної галузі. Так, в [1] здійснено аналіз конкурентного середовища експедиторських компаній у секторі контейнерних перевезень. Теоретичні основи процесів, пов'язаних із транспортуванням вантажів, розглянуто в [2–5]. Вирішення окремих проблем, пов'язаних із оптимізацією процесів доставки вантажів, досліджено в [7–10].

**Формування цілей статті.** Метою роботи є формування типового процесу організації доставки вантажу, використання якого на практиці дасть змогу підвищити ефективність процесу доставки вантажів у контейнерах.

**Виклад основного матеріалу.** У цій роботі під терміном «транспортна компанія» будемо мати на увазі компанію – організатора доставки, яким може виступати як лінійний агент, так і експедиторська компанія і логістичний оператор.

Бізнес-процес визначається як логічно завершений набір взаємопов'язаних і взаємодіючих видів діяльності, що підтримує діяльність організації і реалізує її політику, спрямовану на досягнення поставлених цілей [5].

Спочатку виділимо основні бізнес-процеси, які протікають у компанії. Після цього систематизуємо їх у логічній послідовності, яка може привести до заданого результату, тобто забезпечити ефективну організацію доставки зовнішньоторговельного вантажу в контейнері. Як приклад будемо розглядати транспортування за системою «від дверей до дверей». Типова схема організації доставки зовнішньоторговельних вантажів у контейнерах за системою «від дверей до дверей» наведена на рис. 1.

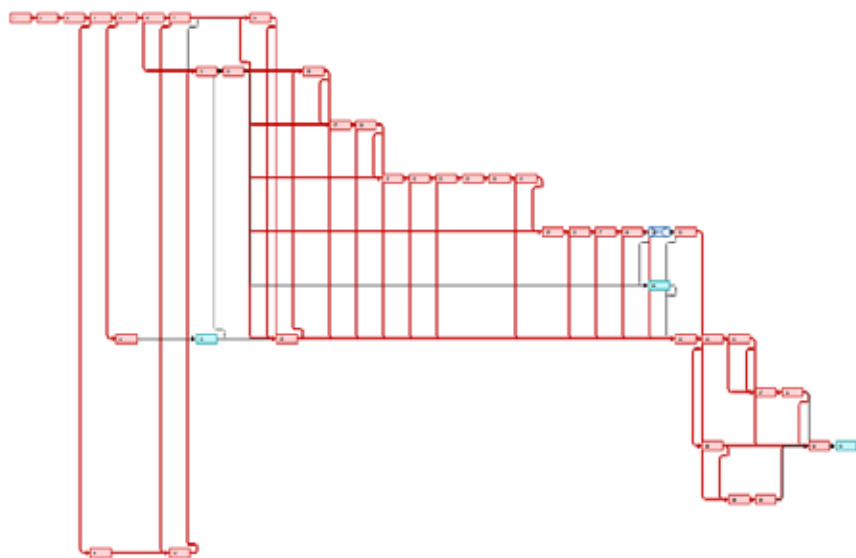


Рис. 1. Типова схема доставки вантажів у контейнерах «від дверей до дверей»

Слід зазначити, що процес організації перевезення є одним із процесів, який протікає паралельно з іншими процесами компанії, наприклад робота з нарощенням бази клієнтів, робота з якістю тощо.

Для моделювання процесу доставки вантажів систематизуємо бізнес-процеси, що протікають у транспортній компанії під час організації доставки вантажів у контейнерах (табл. 1). При цьому всіх їх можна додатково розділити на чотири умовні групи: продажі, операції, фінанси й обслуговуючі.

Таблиця 1

**Систематизація бізнес процесів, що протікають  
у транспортній компанії під час організації доставки зовнішньоторговель-  
них вантажів у контейнерах**

№ з/п	Назва завдання	Номер завдання попередника	Номер завдання послідовника	Група процесів
1	2	3	4	5
1	Початок угоди		2	
2	Пошук Клієнта – замовника перевезення вантажів у контейнері	1	3	Продажі
3	Отримання запиту від потенційного Клієнта	2	4; 9	Продажі
4	Пропозиція Клієнту схеми та розрахунку вартості послуг	3	5; 8	Продажі
5	Узгодження з юридичною службою форми договору на надання послуг Клієнту	4	6; 11	Продажі, Обслуговуючі
6	Підписання договору із Клієнтом про надання послуг з організації доставки вантажів у контейнерах (транспортно-експедиторське обслуговування)	5	7; 10	Продажі, Обслуговуючі
7	Підписання заявки з Клієнтом на перевезення конкретної партії товару	6	13; 14	Продажі
8	Оцінка власних ризиків та ризиків Клієнта на всіх етапах перевезення	4	13	Продажі
9	Пошук субагентів для здійснення перевезення	3	10	Продажі
10	Узгодження з юридичним відділом договорів із субагентами, заявок тощо.	6; 9	11	Продажі
11	Підписання договірних відносин із субагентами (агенти судноплавних контейнерних ліній, термінали, компанії-автоперевізники, брокерські компанії тощо).	5; 10	12	Продажі, Операції, Обслуговуючі
12	Підписання заявок із субагентами на надання послуги на конкретній ділянці схеми доставки	11; 13	14; 15; 16; 17; 19; 25; 30	Операції
13	Укладання договору зі страховою компанією на страхування вантажу, відповідальності тощо.	7; 8	12; 15	Продажі

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ  
№ 2(7), 2020

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
14	Отримання порожнього контейнера під завантаження експортним вантажем	7;12	15; 32	Операції
15	Наземна доставка порожнього контейнера під завантаження відправнику (авто- або залізничним транспортом)	14; 12; 13	16; 32	Операції
16	Складські операції з пакування вантажу та завантаження контейнера	15; 12	17; 32	Операції
17	Митне очищення експортного вантажу	16; 12	18; 32	Операції
18	Доставка контейнера, завантаженого експортним вантажем, у порт завантаження	17	19; 32	Операції
19	Портове оформлення експортного вантажу в контейнері	18; 12	20; 32	Операції
20	Зберігання контейнера, завантаженого експортним вантажем порту	19	21; 32	Операції
21	Завантаження контейнера на судно	20	22	Операції
22	Видання коносаментів на вантаж	21	23	Операції
23	Морське перевезення завантаженого контейнера в порт розвантаження	22	24; 32	Операції
24	Розвантаження з судна контейнера, завантаженого імпортом вантажем	23	25	Операції
25	Портове оформлення імпортного вантажу в контейнері	24; 12	26; 32	Операції
26	Митне очищення імпортного вантажу	25	27; 32	Операції
27	Наземне перевезення – доставка вантажу вантажовласнику	26	28; 32	Операції
28	Розвантаження вантажу з контейнера на склад клієнта або інший вид транспорту	27	29; 30; 32	Операції
29	Повернення порожнього контейнера під контроль лінії	28	31; 32	Операції
30	Робота сюрвейера	12; 28	32	Операції
31	Архівування документації за угодою	29	40	Операції
32	Отримання звітів субагентів, перевірка та підтвердження або акцептування	29; 30; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 23; 25; 26; 27; 28	33;35;36	Фінанси
33	Виставлення рахунку Клієнту	32	34;37	Фінанси
34	Облік дебіторської заборгованості	33	37;40	Продажі
35	Облік кредиторської заборгованості	32	36;40	Фінанси
36	Оплата за рахунками субагента	32; 35	39	Фінанси
37	Отримання оплати від клієнта	33; 34	38	Фінанси

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5
38	Закриття угоди з Клієнтом (акти виконаних робіт)	37	40;41	Фінанси
39	Закриття угоди з субагентом (акти виконаних робіт)	36	40;41	Фінанси
40	Позовно-претензійна робота	38; 31; 34; 35; 39	41	Супровід
	Закриття угоди	40; 38; 39		

Наступним етапом моделювання процесу доставки буде побудова мережевого графіка, як інструментарій використовувалося програмне забезпечення Microsoft Project.

Отриманий сітковий графік відображений на рис. 2.

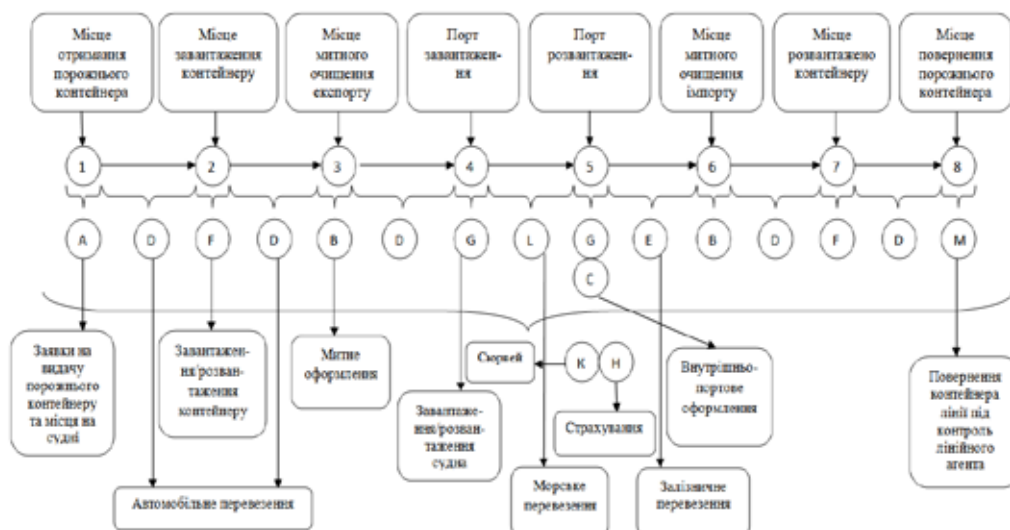


Рис. 2. Сіткова модель типового транспортного процесу перевезення вантажів у контейнерах за системою доставки «від дверей до дверей»

Якість сервісу, що надається транспортною компанією, для Замовника транспортування є одним із основоположних критеріїв на момент прийняття рішення про вибір компанії, яка є організатором перевезень. Здебільшого організацією доставки займаються транспортно-експедиторські компанії, які не володіють якими-небудь матеріальними активами. Для такої компанії якість роботи і послуг, що надаються, – це фактично єдине, що необхідно вдосконалювати, щоб забезпечити належний рівень конкурентоспроможності. В основі такого вдосконалення лежатиме розвиток технології й організації всередині компанії.

Таким чином, в основі розвитку технології транспортної компанії буде лежати безпосереднє моделювання бізнес-процесів компанії, контроль актуальності посадових обов'язків співробітників та їх своєчасне оновлення, формування регламентів

взаємодії співробітників. Моделювання – це функція, яка повинна забезпечуватися як на момент створення компанії, так і в процесі всієї її життєдіяльності.

Формалізація, що лежить в основі моделювання, дає змогу управляти якістю проекту «доставки вантажів» за рахунок можливості розуміння і наочності всіх процесів, своєчасного виявлення збоїв роботи системи.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень були вирішені такі завдання:

1. Складена типова схема організації доставки зовнішньоторговельних вантажів у контейнерах «від дверей до дверей».

2. Визначено основні бізнес-процеси, що протікають у транспортній компанії, та їх основні групи.

3. Складено сітковий графік процесу доставки вантажів у контейнерах з використанням програмного забезпечення Microsoft Project.

У результаті вирішення перерахованих вище завдань досягнута поставлена мета роботи, а саме проведено моделювання процесу організації перевезення зовнішньоторговельних вантажів у контейнерах. Використання такої моделі на практиці дасть змогу підвищити ефективність усього процесу доставки за рахунок кращої координації процесу організації доставки, оптимізації трудовитрат, вести облік можливих ризиків.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Харчевская И.В., Онищенко С.П. Анализ конкурентной среды экспедиторских компаний в секторе контейнерных перевозок. *Технологический аудит и резервы производства*. 2014. № 6 (3). С. 20–26.
2. Онищенко С.П., Коскіна Ю.А. Сутність, специфіка і формування систем доставки вантажів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 3. С. 86–95.
3. Коскіна Ю.А. Формалізація процесу організації системи доставки вантажів. *Наукоємні технології*. 2020. № 1 (45). С. 111–117.
4. Шраменко Н.Ю. Системный подход в процессе доставки грузов в международном сообщении в условиях неопределенности. *Вестник Винницкого Политехнического Института*. 2009. № 6. С. 43–46.
5. Lun Y.H.V., Lai K.-H., Cheng T.C.E. *Shipping and Logistics Management: учеб. пособие*. Москва : Springer, 2010. 233 с.
6. Онищенко С.П., Смирковская В.Ю. Моделирование процесса формирования интегрированных систем доставки грузов. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2010. № 30. С. 142–149.
7. Болтова Я.С. Моделирование транспортного процесса. *Современные наукоемкие технологии*. 2013. № 10 (2). С. 203–206.
8. Павлова Н.Л., Онищенко С.П. Організація проектно-орієнтованого управління транспортною компанією (на прикладі транспортно-експедиторської компанії). *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 42. С. 23–29.
9. Павлова Н.Л., Онищенко С.П. Концепция моделирования оптимальных параметров проектов портфеля проектно-ориентированной организации. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях*. 2020. № 1 (1355). С. 75–79.

10. Смрковская В.Ю. Моделирование процесса формирования схем доставки грузов. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2007. № 21. С. 155–171.

#### REFERENCES

1. Harchevskaya, I.V., Onischenko, S.P. (2014) Analysis of the competitive environment of forwarding companies in the container shipping sector [Analiz konkurentnoy sredy ekspeditorskih kompaniy v sektore konteynernykh perevozok]. *Tehnologicheskiy audit i rezervy proizvodstva*, (6 (3)), 20–26 [in Russian].
2. Onyshchenko, S.P., Koskina, Yu.A. (2019) The essence, specifics and formation of cargo delivery systems [Sutnist, spetsyfika i formuvannya system dostavky vantazhiv]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, (3), 86–95 [in Ukraine].
3. Koskina, Yu.A. (2020) Formalization of the process of organization of cargo delivery system [Formalizatsiia protsesu orhanizatsii systemy dostavky vantazhiv]. *Naukoiemni tekhnolohii*, (45), 111–117 [in Ukraine].
4. Shramenko N.Iu (2009) A systematic approach to the delivery of goods in international traffic under conditions of uncertainty [Sistemnyi podkhod v protsesse dostavki tovarov v mezhdunarodnom soobshchenii v usloviakh neopredelennosti]. *Vestnik Vinnitskogo Politekhnicheskogo Instituta*, (6), 43–46 [in Russian].
5. Lun Y.H.V., Lai K.-H., Cheng T.C.E. (2010) *Cheng Shipping and Logistics Management: ucheb. posobie*. Moskva : Springer, 233 p.
6. Onischenko, S.P., Smrkovskaya V.Yu. (2010) Modeling the process of forming integrated cargo delivery systems [Modelirovanie protsessa formirovaniya integrirovannykh sistem dostavki tovarov]. *Vіstnik Odeskogo natsionalnogo morskogo unіversitetu*, (30), 142–149 [in Russian].
7. Boltova, Ya.S. (2013) Modeling the transport process [Modelirovanie transportnogo protsessa]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii*, (10 (2)), 203–206 [in Russian].
8. Pavlova, N.L., Onyshchenko, S.P. (2020) Organization of project-oriented management of a transport company (on the example of a freight forwarding company [Orhanizatsiia proiektno-orientovanoho upravlinnia transportnoi kompaniieiu (na prykladi transportno-ekspedytorskoi kompanii). *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, (42), 23–29 [in Ukraine].
9. Pavlova, N.L., Onischenko, S.P. (2020) The concept of modeling the optimal parameters of portfolio projects of a project-oriented organization [Kontseptsiya modelirovaniya optimalnykh parametrov proektov portfelya proektno-orientovannoy organizatsii]. *Visnyk Natsionalnogo tekhnichnoho universytetu «KhPI» Seriya: Matematychni modeliuvannya v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, (1 (1355)), 75–79 [in Russian].
10. Smrkovskaya, V.Yu. (2007) Modeling the process of forming cargo delivery schemes [Modelirovanie protsessa formirovaniya shem dostavki tovarov]. *Vіstnyk Odeskogo natsionalnogo morskogo unіversitetu*, (21), 155–171 [in Russian].

## ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

UDC 631.372

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2020.2-7.06>

### INVESTIGATION OF DYNAMIC LOADING OF TRACTORS WITH VOLUMETRIC HYDRAULIC DRIVE

**V.R. Mandryka<sup>1,3</sup>, V.M. Krasnokutskyi<sup>2</sup>, O.O. Ostroverkh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Professor at the Department of Car and Tractor Industry,  
*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",*  
ORCID ID: 0000-0001-5297-1499

<sup>2</sup>Candidate of Technical sciences, Associate Professor,  
Professor at the Department of Car and Tractor Industry,  
*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

<sup>3</sup>Candidate of Technical Sciences (Ph.D.),  
Associate Professor at the Department of Car and Tractor,  
*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",*  
ORCID ID: 0000-0001-8334-0286

#### **Summary**

*The processes that occur in the transmissions of tractor units and self-propelled agricultural machines under various modes of movement and in the process of regulation are characterized by complex dependencies that are studied analytically or experimentally. Various methods are known for obtaining mathematical models. One of them is the classical direct description method. Another is the use of passive and active methods of regression analysis. It is rational to use both methods, the combination of which makes it possible to obtain the necessary mathematical model.*

*Volumetric hydraulic drive (OGP) is increasingly used in transmissions of modern tractors and self-propelled agricultural machines. The presented article discusses the mathematical description of axial piston hydraulic machines.*

*A study of transient processes was carried out and their assessment was carried out to determine the loads arising in the transmission of the machine with a stepwise change in the load, the gear ratio of the OGP and constant fuel supply when the unit is accelerated from a standstill. The unit acceleration mode was studied while driving on plowing and during transport operations for the following parameters and such initial conditions: rotation speed of the hydraulic motor shaft and engine shaft; torque on the motor shaft; hook load; pressure in the OGP pressure line. The dynamic characteristics of hydraulic machines, fluid leaks and its elastic properties, as well as variable values of the hydraulic drive efficiency are taken into account. The simulation results are compared with experimental studies. The objects of research were: a model of a caterpillar tractor T-150E with independent full-flow OGP of the left and right sides; mock-up of a wheeled root harvester with independent OGP*

sides of the rear driving wheels. Depending on the operating modes with unsteady motion, the following control options are possible, providing high performance at a certain level of dynamic loads, or minimum dynamic loads when the time factor is not prevalent. Optimal control is also promising when additional parameters are included in the goal function.

**Key words:** mathematic model of a volumetric hydraulic drive in the transmissions of tractors and root-harvesters.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТРАКТОРІВ З ОБ'ЄМНИМ ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ

**В.Р. Мандрика<sup>1</sup>, В.М. Краснокутський<sup>2</sup>, О.О. Островерх<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., доцент, професор кафедри «Автомобіле- і тракторобудування»,  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
ORCID ID: 0000-0001-5297-1499

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, професор кафедри «Автомобіле- і тракторобудування»,  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

<sup>3</sup>к.т.н., доцент кафедри «Автомобіле- і тракторобудування»,  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
ORCID ID: 0000-0001-8334-0286

#### **Анотація**

Процеси, що виникають у трансмісіях тракторних агрегатів та самохідних сільськогосподарських машин за різних режимів руху і в процесі регулювання, характеризуються складними залежностями, які вивчаються аналітично або експериментально. Відомі різні способи отримання математичних моделей. Одним із них є класичний метод прямого опису. Іншим – використання пасивних і активних методів регресійного аналізу. Раціональним є використання обох методів, поєднання яких дає можливість отримати необхідну математичну модель.

Об'ємний гідропривід (ОГП) все більше знаходить застосування в трансмісіях сучасних тракторів і самохідних сільськогосподарських машин. У наведеній статті розглядається математичний опис аксіально-поршневого гідромашини.

Проведено дослідження перехідних процесів, їх оцінка проводилася для визначення навантажень, що виникають у трансмісії машини за ступінчастої зміни навантаження, передавального числа ОГП і постійної подачі палива під час розгону агрегату з місця. Режим розгону агрегату вивчався під час руху на оранці і на транспортних роботах для таких параметрів і таких початкових умов: швидкість обертання валу гідромотора і валу двигуна; крутний момент на валу двигуна; Крюкова навантаження; тиск у напірній магістралі ОГП. Враховано динамічні характеристики гідромашин, витоку рідини і її пружні властивості, а також змінні значення ККД гідроприводу. Результати моделювання зіставлені з експериментальними дослідженнями. Як об'єкти дослідження використовувалися: макет гусеничного трактора Т-150Е з незалежними повнопотоковий ОГП лівого і правого бортів; макет колісного коренезбирального комбайна з незалежними ОГП бортів задніх ведучих коліс. Залежно від режимів роботи за несталого руху можливі такі варіанти управління, що забезпечують високу швидкодію за

*деякого рівня динамічних навантажень або мінімальні динамічні навантаження, коли часовий чинник не є превалюючим. Перспективним є й оптимальне управління, коли у функцію мети включені додаткові параметри.*

**Ключові слова:** математична модель об'ємного гідроприводу в трансмісіях тракторів, коренезбиральні комбайни.

**Introduction.** The processes, arising in the transmissions of tractor units and self-propelled agricultural machines at various motion modes and in the process of adjustment, are characterized by complex dependencies that are studied theoretically or experimentally. Different ways of obtaining mathematic models are known. One of them is the classical method of direct description. Another one is the use of passive and active methods of regressive analysis. It is expedient to use both methods, the combination of which enables obtaining a needed mathematic model. The main elements of a tractor assembly in their totality determine the character of transition processes and dynamic loads within the transmission in various operation modes. This enables considering them as some modules, from which it is possible to compose a mathematic model needed for a research.

**Recent research and publications analysis.** At present, volumetric hydraulic drives (VHD) find an ever wide-spread application in tractors' and self-propelled agricultural machines' transmissions. The development and research of full-threaded and double-threaded transmissions with a VHD are viewed in detail and from various points in works by Gorodetskiy K.I., Petrov V.A., Babayev O.M., Samorodov V.B., et al.

Nevertheless, the main issues accentuated in these works were exploitation efficiency, technical-economic indicators improvement ensured by infinitely variable change in the transmission' gear ratio. The influence by a VHD on dynamic load decrease in tractors' and self-propelled machines have been viewed incompletely.

The proposed methodology of compiling a mathematical model for viewing dynamic load of a VHD transmission is topical.

**The goal of the research and problem setting.** The goal of the research is to show on examples the methodology of mathematical models compilation for different tractors and self-propelled machines with VHD in their transmissions. To this effect, it is necessary to substantiate and formulate mathematical models with different positions of full-band VHD in transmissions of the viewed research objects to determine dynamic loads.

**Researched objects.** As objects for the research, the following were used: a model of the T-150E caterpillar tractor with independent full-threaded VHD on the left and right sides; KS-6B root-harvesting machine with a VHD on the rear drive axle; KS-6V root-harvesting machine with the independent VHD on the rear and front drive axles; a model of a combine root-harvester with the independent right and left sides' VHD on the rear drive wheels.

**A volumetric hydraulic drive's mathematical model.** There are several ways of compiling such a model. In accordance with one of them, the value of the rotation moment on a hydro-machine's shaft is obtained by using the values of kinematic and power efficiency indices [1]. In the general case, the efficiency ratio index is a function of the torque

and the rotation speed of a hydro-machine's shaft as well as a hydro-drive's gear ratio.

In the work [2], the mathematical model is compiled with taking into consideration the hydro-drive's dynamics. The dynamic model for the "regulated pump – regulated hydro-drive motor" system is represented in (Figure 1).

On the basis of the D'Alambert principle, the description of the dynamic model represented in Fig.1 is the following:

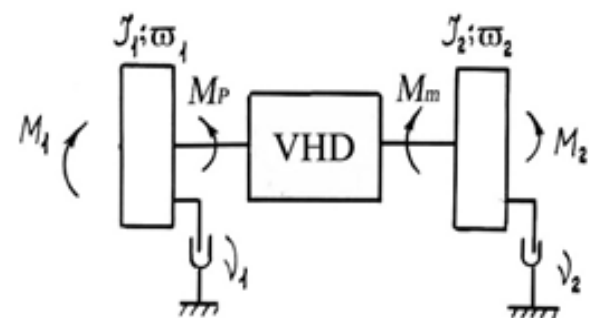


Fig. 1. Dynamic model of the "regulated pump – regulated hydro-drive motor" system

$$I_1 \frac{d\omega_1}{dt} + \nu_1 \omega_1 = M_1 - M_p, \quad (1)$$

$$I_2 \frac{d\omega_2}{dt} + \nu_2 \omega_2 = M_m - M_2. \quad (2)$$

where  $I_1, I_2$  are inertia masses of the pump and the hydro-drive;  $\nu_1, \nu_2$  are the factors of links imitating non-elastic resistance forces;  $\omega_1, \omega_2$  are rotation speeds of the pump's and the hydro-drive's inertia masses;  $M_1, M_2$  are force moment and the resistance forces' moment;  $M_p, M_m$  are the torque values on the shafts of the pump and the hydro-drive.

It is known [3, 4] that the moments on hydro-machines' shafts are the function of the operation pressure  $p$  gradient at the input and the output of the machine and its mechanic efficiency factor  $\eta_m$ , that is  $M_p, M_m \propto (p, \eta_m)$ . Nevertheless, the methodology to determine  $\eta_m$ , according the authors' opinion, is connected with certain difficulties.

In works [5, 6], it is supposed to consider for VHD in general the pump as having no losses at operation, while uniting all the volume and mechanical losses to the total efficiency factor of the hydro-drive  $\eta_h$ , and relate them further to the hydro-motor. In this case,

$$M_p = f(p)M_p = f(p) \text{ while } M_m = f(p, \eta_h).$$

To determine the pressure within a VHD, let's write the conditions of consumptions equality, taking into consideration that the pump supply  $Q_p$  is spent on hydro-motor's geometric supply  $Q_m$ , on leakages consumption  $Q_l$ , and pressure consumption  $Q_c$  [5, 6], i.e.,

$$Q_p = Q_m + Q_l + Q_c. \quad (3)$$

The values of working liquid consumptions for the "regulated pump – regulated hydro-motor" system explicated in Fig. 1 are represented as follows [2]:

$$Q_p = W_p \omega_1 e_p, \quad (4)$$

$$Q_m = W_m \omega_2 e_m. \quad (5)$$

where  $W_p, W_m$  – characteristic volumes of the pump and the hydro-motor;  $e_p, e_m$  – regulation parameter for the pump and the hydro-motor, which is the ratio between the current value of the hydro-machine's washer inclination angle to its maximum value.

For mathematic description of liquid's leakages through clearances, various methods are used. Constant losses in packages can be a product of some fiction pressure and the largest consumption [7], and the system dampering depends considerably on the losses in the pump and the hydro-motor proportional to the pressure [8]. Usually, leakage losses in a system are accounted for by the expression:

$$Q_l = L \cdot p, \quad (6)$$

where  $L$  – proportionality factor,  $L = f(W)$ .

Similarly, compression consumption is found, with taking into consideration hydro-machines' elasticity-dynamic characteristics [9]:

$$Q_c = \frac{V}{\chi} \frac{dp}{dt}, \quad (7)$$

where  $V$  – the volume of working liquid in the working space,  $\chi$  – the volume elasticity module of working liquid.

It is known that the studying of transition processes in a VHD regardless of elasticity-dynamic characteristics of all the system's elements leads to considerable errors in amplitude and in phase. The volume elasticity module  $\chi$  and the volume of working liquid in the pressure mains  $V$  are non-linear functions depending on liquid's pressure and temperature and, notably, at small pressures the module of liquid's volume elasticity changes considerably as applied to a VHD [9; 10; 11].

Suppose that the working liquid's temperature at long operation of hydro-transmission  $V$  stabilizes and  $\chi$  at changing loads remains constant further on. This assumption enables to consider the values of  $V$  and  $\chi$  nonlinear, depending only on pressure  $p$  of liquid.

Figures 2 and 3 represent the mean dependencies of the elasticity module  $\chi$  and the volume of mineral oils  $V$  used in the studied VHD in the function of pressure  $p$  [10].

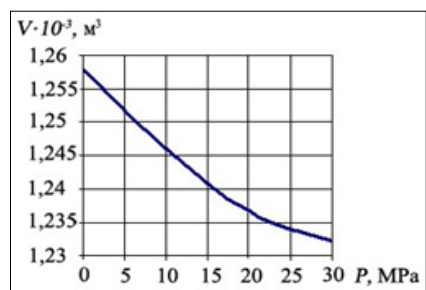


Fig. 2. Dependency of the volume of mineral oils  $V$  in the function of pressure  $p$

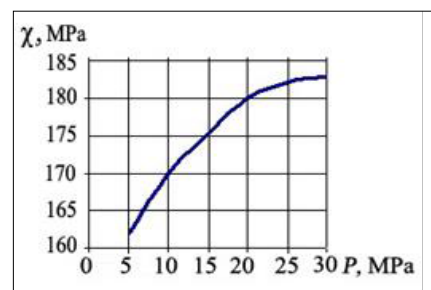


Fig. 3. Dependency of the elasticity module  $\chi$  in the function of pressure  $p$

Confining to considering the pressures arising in VHD at loads close to nominal ones makes it possible to describe the approximation of the corresponding curves as parabolas:

$$V = V_0 + k_{v1}p + k_{v2}p^2, \quad (8)$$

$$\chi = \chi_0 + k_{\chi1}p + k_{\chi2}p^2. \quad (9)$$

Here,  $V_0$ ,  $\chi_0$  – the volume of working liquid and volume elasticity module corresponding to the minimal values of accepted pressure change zone;  $k_{v1}, k_{v2}, k_{\chi1}, k_{\chi2}$  – approximation factors.

It is known that the total efficiency factor of hydro-transmission  $\eta_h$  is a non-linear function depending on the regulating parameter  $e_p$ , rotation speed of the pump shaft  $\omega_1$ , and pressure  $p$ . In Figure 4, there are demonstrated experimental dependencies of the “Dowty” hydro-transmission’s efficiency factor  $\eta_h$  on the regulating parameter  $e_p$  obtained for pressure  $p$  corresponding to nominal load on the unit [2]. Similar data, presented in the work [1], were obtained when analysing the all-modes characteristics of the S-21 type VHD by “Sauer” company.

In general, the dependency  $\eta_h = f(\omega_1, e_p)$  can be presented as a function invariant in relation to the rotation speed of the pump shaft, which is approximated by the expression,

$$\eta_h = \eta_{h0} [1 - \exp(-\frac{e_p}{k_\eta})], \quad (10)$$

where  $\eta_{h0}, k_\eta$  – approximation factors.

In work [12], the value of the GST-90 hydro-drive’s efficiency factor is presented as a polynomial obtained through the use of the regression method considering the pressure, angle velocity, and the regulating parameter.

Taking into consideration the equations (2–6), the equation describing the change in pressure in a VHD will be the following:

$$\frac{V_0 + k_{v1}p + k_{v2}p^2}{\chi_0 + k_{\chi1}p + k_{\chi2}p^2} \frac{dp}{dt} + Lp = W_p \omega_1 e_p - W_m \omega_2 e_m, \quad (11)$$

For the drive in question,  $W_p = W_m = W, e_m = 1$  (not regulated hydro-motor). Considering the presented data, the equation (8) is the following:

$$\frac{dp}{dt} + \frac{(\chi_0 + k_{\chi1}p + k_{\chi2}p^2)}{(V_0 + k_{v1}p + k_{v2}p^2)} Lp = \frac{(\chi_0 + k_{\chi1}p + k_{\chi2}p^2)}{(V_0 + k_{v1}p + k_{v2}p^2)} W(\omega_1 e_p - \omega_2) \quad (12)$$

The estimated values of torques on hydro-machines’ shafts  $M_p, M_m$  on condition that all losses in the VHD appear only in the hydro-motor [6], are as follows:

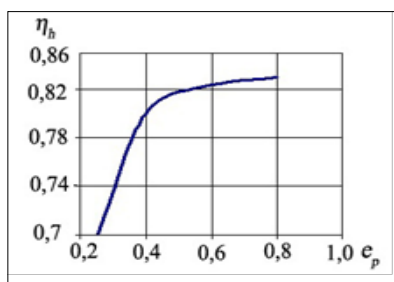


Fig. 3. Dependency of the elasticity module  $\chi$  in the function of pressure  $p$

$$M_p = e_p W p, M_m = e_m W p \eta_h, \quad (13)$$

Considering the equations (7), (9), (10), the mathematical model of the “regulated pump – not regulated hydro-motor” system is described as:

$$I_1 \frac{d\omega_1}{dt} + v_1 \omega_1 = M_1 - e_p W p; \quad (14)$$

$$I_2 \frac{d\omega_2}{dt} + v_2 \omega_2 = W p \eta_{h0} [1 - \exp(-\frac{e_p}{k_\eta})] - M_2; \quad (15)$$

$$\frac{dp}{dt} + \frac{(\chi_0 + k_{\chi 1} p + k_{\chi 2} p^2)}{(V_0 + k_{v1} p + k_{v2} p^2)} L p = \frac{(\chi_0 + k_{\chi 1} p + k_{\chi 2} p^2)}{(V_0 + k_{v1} p + k_{v2} p^2)} W (\omega_1 e_p - \omega_2). \quad (16)$$

The momentums describing the engine’s work (a diesel with an efferent all-mode regulator enabling work at full supply of fuel and at partial modes) and the resistance momentum with taking into account the machine’s slipping on the soil, of the translationally moving masses of the load and the resistance forces of technologic equipment or the hook load are shown in general and given in [11].

The mathematic model (11) is a system of non-linear differential equations, which are solved through applying numerical methods in the MatLab program packet, Simulink section.

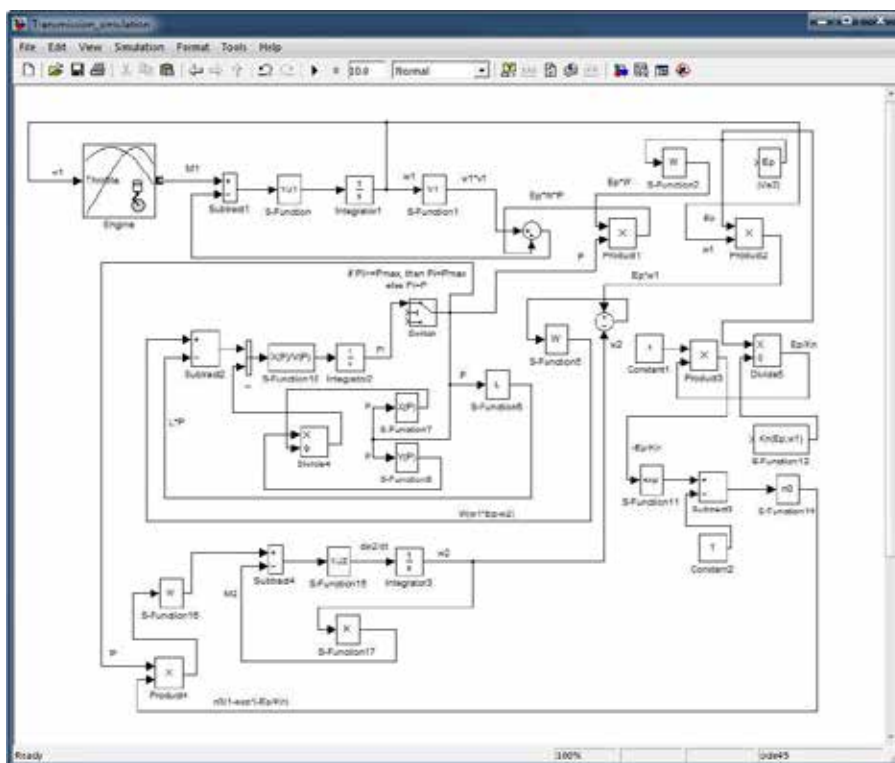


Fig. 5. A section of the mathematical model

In Fig. 5, there is presented a mathematical model, which with accepted allowances describes the operation of the “engine – VHD transmission system – the load” system.

The study of the transition processes and their estimation were performed to determine the loads appearing in a machine’s transmission at scale-like change in load, the VHD ratio and constant fuel supply at the machine’s acceleration from standstill.

The machine’s acceleration mode was studied when on the move on plowed land and at transportation work for the following parameters and the initial conditions that follow: the rotating speed of the hydro-motor’s shaft and that of the engine’s shaft; the engine shaft’s torque; the hook load; the pressure in the VHD’s pressure line: ( $\omega_{hm} = 0$ ;  $\omega_e = 210 \text{ rad/sec}$ ;  $M_e = 70 \text{ Nm}$ ;  $P_{hk} = 0$ ;  $P_{VHD} = 0$ ). The regulating parameter was changed step-like for the value of  $e_p$  ranging (0,4...0,7) following which it remained constant.

For the accepted initial conditions, the integration process corresponds to the machine’s acceleration from standstill with the deepened plow or a loaded hind carriage at spasmodic increase in load from zero to the predetermined at calculation value. The position of the fuel pump regulator’s handle  $x_r$  is set in the range ensuring fuel supply from  $x_{r1} = 100\%$ ,  $x_{r2} = 90\%$ ,  $x_{r3} = 80\%$ , till  $x_{r4} = 70\%$ .

On the modelling results (Fig. 6), the transition processes of the studied parameters of the system were obtained in a continuum.

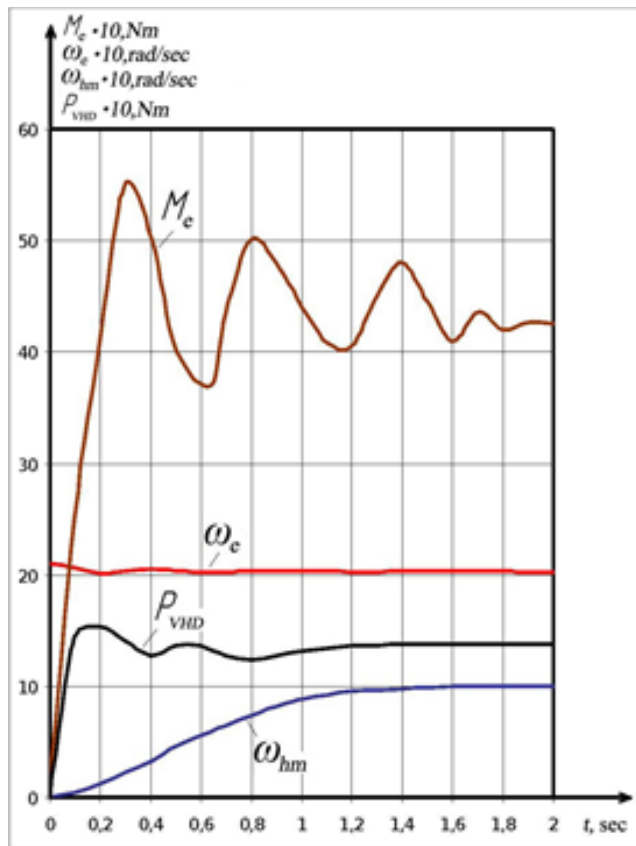


Fig. 6. Changing of the system’s parameters with time

The loads in the transmission at transient motion are estimated through the dynamic coefficient:

$$\delta_e = \frac{M_{e_{\max}}}{M_{e_{\text{est}}}}, \quad (17)$$

where  $M_{e_{\max}}$  and  $M_{e_{\text{est}}}$  are the maximum and the settled meaning of the engine shaft's torque.

In Figure 7, there are presented the dynamic coefficient's dependencies on the regulation parameter for different positions of the fuel supply handle in the process of acceleration.

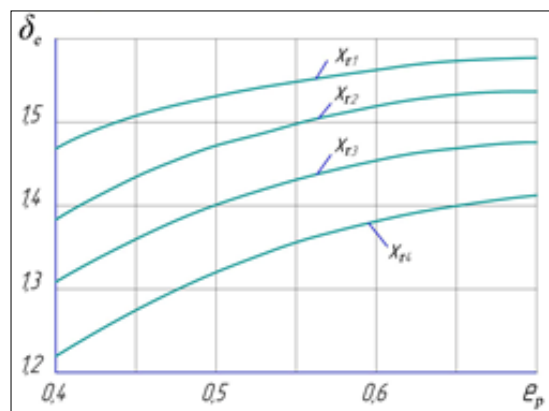


Fig. 7. Dependency of the dynamic coefficient on the regulation parameter for different positions of the fuel pump regulator

With the increase in the value of the regulation parameter in the range between 0,4 and 0,7 at the constant fuel supply, the value of the dynamic coefficient increases by 10 % on average. This is connected with the fact that the momentum of resistance to movement consists of a constant value and a variable component, which is the function of the motion speed, which at the zero initial conditions equals zero. This is why the  $M_{e_{\max}}$  values for this position of the fuel supply handle is a function depending on the value of the transmission's ratio. Nevertheless, as  $e_p$  grows, there increases both the average speed for the supposed movement conditions and the mean settled value of the resistance momentum, and, correspondently  $M_{e_{\text{est}}}$ . This is why the dependency  $\delta_e$  on  $e_p$  at the permanent fuel supply changes according to a non-linear law.

With a decrease in fuel supply for this ratio of hydro-volumetric transmission there occurs a more intensive decrease in  $M_{e_{\max}}$  and  $M_{e_{\text{est}}}$ . This leads to a decrease in dynamic coefficient by 12 % on average.

One of important tasks at modelling is the process of identification of a mathematical model for the obtained results to be adequate to the experimental data with certain precision. The solving of the set task was made in laboratory conditions. On the test bench, there were determined dynamic loads in transmission elements, which appear at ratio changing in a hydro-volumetric drive (VHD), at fuel supply or with load application.

When studying transition processes, there were measured torques on the primary shaft of the transfer gear  $M_{pr}$  and on the load generator's shaft  $M_G$ , the rotation speeds of the engine  $\omega_e$  and generator  $\omega_G$  shafts along with their rotation numbers  $n_e$  and  $n_G$ , the pressure in the pressure line  $P_{VHD}$ , the position of the servo stock  $S_{st}$  that changes the adjustment value of the pump regulating  $e_p$ , the position of the fuel pump adjustment handle  $x_r$ .

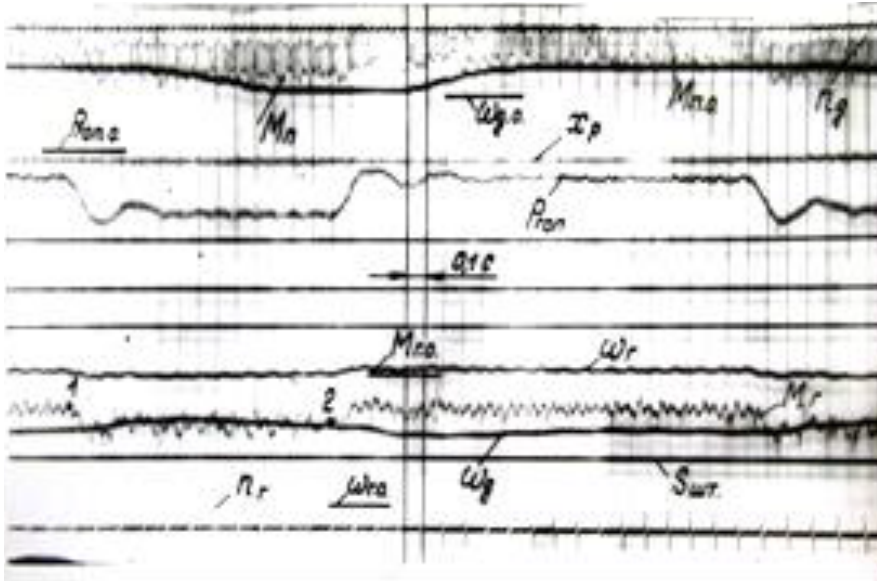


Fig. 8. Transition processes in the "engine-VHD-load" system at spasmodic change in load

In Figure 8, transition processes in the studied parameters of the system at applying and removing of a load (points 1 and 2) are shown.

At the initial position, the system's parameters were as follows:  $M_{pr} = 150$  Nm;  $\omega_e = 165$  rad/sec;  $M_G = 300$  Nm;  $\omega_G = 57$  rad/sec;  $P_{VHD} = 3,5$  MPa.

In point 1, when the contactor was switched, the load on the generator's shaft increases and reaches the value of  $M_{G_{max}} = 580$  Nm. The pressure  $P_{VHD}$  raises and reaches the value of  $P_{VHD_{max}} = 9$  MPa. This causes an increase in resistance of the hydro-pump's shaft. The rotation speed of the engine's shaft decreases by 8 % compared with the initial speed. The torque  $M_{pr}$  increases and reaches the value of  $M_{pr_{max}} = 267$  Nm. In point 2, there is the removal of load through switching off of a part of resistance from the excitement coil of the load generator. The system's parameters return to the initial position.

The analysis of the dependencies presented in Fig. 8 demonstrates a stability of the processes occurring within the engine – VHD – load" system at a step-like disturbance. The transition processes within transmission are of aperiodic or oscillatory character.

A comparison of the pre-calculated and the experimental dependencies demonstrates a good correlation. The maximum error for the torque is 8 %, for the engine shaft rotation speed is 4 %, for the hydro-motor shaft rotation speed is 7 %, for the pressure in the pressure line is 11 %.

In the course of the theoretic research, it was established that one of the reasons for the occurrence of increased dynamic loads in the power transmission elements is a high speed of the servo stock  $S_{st}$  movement that changes the value of the pump regulation parameter  $e_p$ .

In Fig. 9, there is demonstrated the dependency of the dynamic coefficient's value  $\delta_e$  on the speed of the servo stock movement  $V_{st}$ .

Notably, at this condition the system's speed-performance decreases. This is why the selection of the efficient speed of the control organ's movement parameter that regulates the VHD pump  $e_p$  should be made with taking into consideration the dynamic loads occurring in the process, as well as the time of the transition processes within the system. For this system, these requirements are observed at the speed range  $V_{st}$  of 10...16 mm/sec, the dynamic coefficient  $\delta_e$  of 1.4...1.6. The system's acceleration time at these conditions is 1,4...1,6 sec.

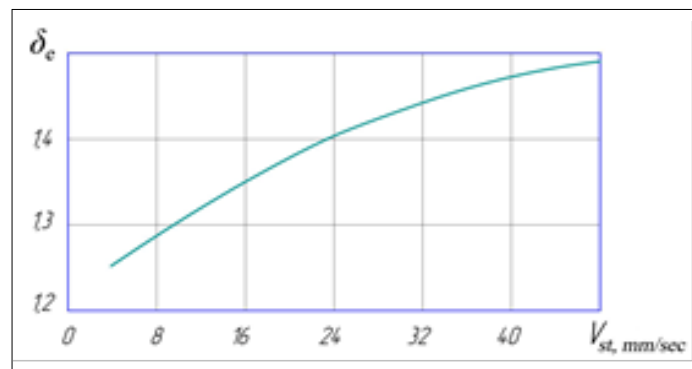


Fig. 9. The dependency of the dynamic coefficient's value  $\delta_e$  on the speed of the servo stock movement  $V_{st}$

**Conclusions.** Depending on the modes of operation when the motion has not been established, the operation options that ensure high speed performance at some levels of dynamic loads, or the minimum dynamic loads, when the time factor is not prevailing, are possible. Also, there is a perspective optimum control wherein the target function includes additional parameters.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Петров В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. М. : Машиностроение, 1988. 248 с.
2. Мандрыка В.Р. Математическая модель объемного гидропривода сельскохозяйственного трактора Х. : Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1985. № 222. Конструирование и исследование тракторов. Вып. 6. С. 35–37.
3. Башта Т.М. Объемные передачи и гидравлические двигатели : учебн. для вузов. М. : Машиностроение, 1974. 606 с.
4. Петров В.А. Автоматические системы транспортных машин. М. : Машиностроение, 1974. 336 с.

5. Основы теории и конструирования объемных гидropередач / под ред. В.Н. Прокофьева и др. М. : Высшая школа, 1968. 399 с.
6. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод / под ред. В.Н. Прокофьева и др. М. : Машиностроение, 1969. 495 с.
7. Thoma Jean. Mathematical models and effective performance of hydrostatic machines and transmissions. *Hydraul. Pneumat. Power*, 1969. № 179. Pp. 642–644, 646–677, 650–651.
8. Прокофьев В.Н. и др. Динамика гидропривода с переменной инерционной нагрузкой. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 1971. № 11. С. 74–80.
9. Немировский И.А. и др. Влияние нелинейных упругих характеристик полостей гидросистем на переходные процессы. В кн. : *Известия Томск. политехн. Ин-та. Томск*, 1970, № 173. С. 153–155.
10. Электрогидравлические следящие системы / под ред. В.А. Хохлова и др. М. : Машиностроение, 1971. 431 с.
11. Мандрыка В.Р. Математическая модель для исследования динамики неустановившегося прямолинейного движения корнеуборочной машины с объемным гидроприводом. *Вестник Харьковского государственного политехнического университета*. № 80, Харьков, 2000. С. 46–48.
12. Объемные гидромеханические передачи: расчет и конструирование / О.М. Бабаев, Л.Н. Игнатов, Е.С. Кисточкин и др. ; под общ. ред. Е.С. Кисточкина – Л.: Машиностроение. Ленингр : Отд-ние, 1987. 256 с.

#### REFERENCES

1. Petrov V.A. Hydro-volume transmissions of self-propelled machines. – М. : Mechanical Engineering, 1988. 248 p.
2. Mandryka V.R. The mathematical model of the volumetric hydraulic drive of an agricultural tractor X. : Vishka school. Publishing House at Khark. Un-te, 1985. No. 222. Design and study of tractors. Vol. 6. Pp. 35–37.
3. Bashta T.M. Volumetric gears and hydraulic motors. Training for universities. М. : Engineering, 1974. 606 p.
4. Petrov V.A. Automatic systems of transport vehicles М. : Mashinostroenie, 1974. 336 p.
5. Fundamentals of the theory and design of volumetric hydraulic transmissions / Ed. V.N. Prokofiev et al. – Moscow: Higher School, 1968. 399 p.
6. Axial-piston adjustable hydraulic drive / Ed. V.N. Prokofiev et al. М. : Mechanical Engineering, 1969. 495 p.
7. Thoma Jean. Mathematical models and effective performance of hydrostatic machines and transmissions. *Hydraul. Pneumat. Power*, 1969, No. 179. Pp. 642–644, 646–677, 650–651.
8. Prokofiev V.N. et al. Hydraulic drive dynamics with variable inertial load. *News of higher educational institutions. Mechanical Engineering*, 1971, No. 11, Pp. 74–80.

9. Nemirovsky I.A. et al. Influence of nonlinear elastic characteristics of hydraulic system cavities on transients. In the book: Izvestia Tomsk. Polytechnic Inst. Tomsk, 1970. No. 173. Pp. 153–155.
10. Electro-hydraulic servo systems / Ed. V.A. Khokhlova et al. M. : Mechanical Engineering, 1971. 431 p.
11. Mandryka V.R. A mathematical model for studying the dynamics of unsteady rectilinear motion of a harvesting machine with volumetric hydraulic drive. Bulletin of the Kharkov State Polytechnic University. No. 80, Kharkov, 2000. Pp. 46–48.
12. Volumetric hydromechanical transmission: Calculation and design / O.M. Babaev, L.N. Ignatov, E.S. Kistochkin and others; Under the total / ed. E.S. Kistochkina. L. : Engineering. Leningra. Department, 1987. 256 p.

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ ДАНИХ NATO CALS  
В ІННОВАЦІЙНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ КРАЇН  
БАЛТІЙСЬКО-ЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ**

**О.Є. Скворчевський**

к.т.н., доцент, докторант кафедри інформаційних технологій  
і систем колісних та гусеничних машин імені О.О. Морозова,

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна,

ORCID ID: 0000-0002-4572-7305

**Анотація**

*CALS-концепція є необхідним інструментом супроводження життєвих циклів таких високотехнологічних машинобудівних виробів, як літаки, об'єкти бронетехніки, кораблі тощо. Зародившись у 80-х роках ХХ-го століття для логістичного супроводження процесів створення, експлуатації та утилізації озброєння та військової техніки у США, CALS-концепція сьогодні є необхідним інструментом як у спеціальному, так і в цивільному машинобудуванні розвинених країн. На жаль, в Україні, як загалом у Балтійсько-чорноморському регіоні, питанням упровадження CALS-концепції у високотехнологічне машинобудування приділяється дуже мало уваги. Одним із найважливіших інструментів концепції для менеджменту даних є модель даних NATO CALS. Метою цієї роботи є аналіз моделі даних NATO CALS на предмет її впровадження в менеджмент даних високотехнологічного машинобудування країн Балтійсько-чорноморського регіону. У результаті була розглянута модель даних NATO CALS за NATO CALS Handbook як основним керуючим документом НАТО із впровадження CALS-концепції, а також іншими допоміжними джерелами. Як висновки було визначено, що переваги застосування моделі даних NATO CALS у менеджменті даних високотехнологічного машинобудування дадуть змогу країнам Балтійсько-чорноморського регіону більше інтегруватися в євроатлантичні структури та поживлять інтеграційні процеси у високотехнологічних галузях регіону. Це приведе до підвищення суб'єктності та ваги країн регіону на міжнародній арені за рахунок проектування та виробництва сучасної високотехнологічної машинобудівної продукції, зокрема озброєння та військової техніки. Перепони на шляху впровадження CALS-концепції в Балтійсько-чорноморському регіоні взагалі та моделі даних NATO CALS зводяться до двох основних причин – політичної волі до інтеграції високотехнологічного машинобудування країн регіону та вкрай низького кадрового забезпечення у сфері CALS. Ці проблеми можуть вирішуватися за рахунок збільшення публікаційної активності в напрямі досліджень для підвищення інтересу наукового співтовариства, менеджменту підприємств та широкої спільноти регіону до CALS-концепції.*

**Ключові слова:** CALS-концепція, Балтійсько-чорноморський регіон, менеджмент даних, модель даних NATO CALS, машинобудування, життєвий цикл продукту, мова моделювання EXPRESS, ISO 10303-11:2004

THE PROSPECTS OF THE NATO CALS DATA MODEL USAGE  
IN INNOVATIVE MECHANICAL ENGINEERING  
OF THE BALTIC-BLACK SEA REGION

A.E. Skvorchevsky

Ph.D., Associate Professor, Habilitated Doctor Degree Applicant at the Department  
of Information Technology and Systems of Wheeled and Tracked Vehicles  
Named after A.A. Morozov,  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-4572-7305

**Summary**

*The CALS-concept is a necessary tool for supporting the life cycles of such high-tech engineering products as aircraft, armored vehicles, ships etc. Born in the 80s of the twentieth century for the logistical support of the processes of creation, operation and utilization of weapons and military equipment in the United States, the CALS-concept is now a necessary tool in both military and general engineering in developed countries. Unfortunately, in Ukraine, as well as in the Baltic-Black Sea region as a whole, very little attention is paid to the implementation of the CALS-concept in high-tech mechanical engineering. One of the most important conceptual tools for data management is the NATO CALS data model. This work aims to analyze the NATO CALS data model for its implementation in the data management of high-tech mechanical engineering in the countries of the Baltic-Black Sea region. As a result, the NATO CALS data model behind the NATO CALS Handbook was considered as the main NATO governing document for the implementation of the CALS concept, as well as other supporting sources. As a conclusion, it was determined that the advantages of using the NATO data model CALS in data management of high-tech mechanical engineering will allow the countries of the Baltic-Black Sea region to integrate more into Euro-Atlantic structures and revitalize the integration processes in high-tech industries in the region. This, in turn, will lead to an increase in the subjectivity and weight of the countries of the region in the international arena through the design and production of modern high-tech engineering products, in particular, weapons and military equipment. Obstacles to the implementation of the CALS concept in the Baltic-Black Sea region in general and the NATO data model CALS boil down to two main reasons – the political will to integrate high-tech machine-building of the countries of the region and extremely low staffing in the field of CALS. These problems can be solved by increasing publication activity in the direction of research to increase the interest of the scientific community, enterprises management and the general public of the region in the CALS concept.*

**Key words:** *CALS-concept, Baltic-Black Sea region, data management, NATO CALS data model, mechanical engineering, product life cycle, EXPRESS modeling language, ISO 10303-11: 2004*

**Вступ.** За останні роки український народ показав рішуче прагнення рухатись у бік Євроатлантичної інтеграції. Прагнення України до вступу в НАТО органічно поєднується із процесами поживлення співробітництва та інтеграції в Балтійсько-чорноморському регіоні. Таке співробітництво здатне значно посилити вагу кожної із країн регіону та додати суб'єктності на міжнародній арені. Важливим

аспектом Балтійсько-чорноморського співробітництва можуть бути спільні науково-технічні проекти в галузі інноваційного машинобудування, зокрема створення нових зразків озброєння та військової техніки. Такі проекти вимагають наявності спільної інформаційної інфраструктури, що може бути побудоване за концепцією Continuous Acquisition and Lifecycle Support (CALs).

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Основним керуючим документом у реалізації CALs-концепції на національному та наднаціональному рівнях є NATO CALs Handbook. У ній показано, що сучасні складні технічні системи, зокрема зразки озброєння та військової техніки, не можуть працювати без доступу до великої кількості інформації. Також вони генерують значну кількість інформації впродовж своїх життєвих циклів. Діджиталізації життєвих циклів машинобудівної продукції відкриває величезні можливості, але також створює нові проблеми та ризики. Основна проблема виникає, коли багатьом організаціям потрібно використовувати одну і ту ж інформацію. Відмінності у визначенні даних та форматі даних ускладнюють комунікації між партнерами та потребують розробки дорогих інтерфейсів. Часто дані замикаються в програмі, в якій вони створені, щоб змусити використовувати ліцензійні програмні продукти. Як результат, багато програмних продуктів, замість того, щоб вдосконалювати комунікацію, на практиці виступають як бар'єри між учасниками життєвих циклів машинобудівної продукції. Для вирішення цієї проблеми CALs-концепція пропонує використовувати формальний опис даних, необхідних для підтримки логістичного процесу супроводження життєвого циклу високотехнологічного машинобудівного виробу. Такий опис даних отримав назву «модель даних NATO CALs (NATO CALs Data Model)».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Підвищення публікаційної активності з питань CALs-концепції та її складової інтегрованої логістичної підтримки зразків озброєння та військової техніки розпочалося в 2014 році і продовжується в Україні [1–6 та ін.]. Однак, якщо в період з 2014 по 2018 рік вони носили в основному ознайомчий та оглядовий характер [1–3 та ін.], то з 2018 року починається публікація статей з більш конкретними технічними пропозиціями по впровадженню CALs-концепції в українські силові структури та оборонно-промисловий комплекс [4–6 та ін.]. Насамперед розглядаються питання менеджменту даних, які являють собою дуже важливий актив, що генерується на усіх етапах життєвого циклу зразку озброєння або військової техніки [4–6 та ін.].

Робота [4] присвячена аналізу переваг та недоліків, практичних принципів та підходів побудови баз даних систем логістичної підтримки життєвих циклів інноваційної машинобудівної продукції, зокрема зразків озброєння та військової техніки. Показано, що CALs-системи НАТО можуть використовувати всі типи баз даних (централізовану, децентралізовану та розподілену), що робить їх гнучкими та адаптивними. В ході розробки українських CALs-систем та технологій потрібно слідувати цьому ж принципу, можливо, адаптуючи його до умов гібридних загроз.

У тезах [5] розглянуто поняття пакету технічних даних (technical data packages (TDP)) як одиниці, що містить технічний опис продукту, достатній для підтримки стратегії придбання, виробництва, інжинірингу та логістичної підтримки

машинобудівного виробу (зразка озброєння або військової техніки). Дані визначають необхідну конфігурацію проекту та вимоги до продуктивності, а також процедури, необхідні для контролю адекватності продуктивності виробу. TDP містить такі дані, як моделі, креслення, пов'язані списки, специфікації, стандарти та вимоги до експлуатації.

У статті [6] показано, що експлуатація складного технічного виробу протягом його життєвого циклу обходиться в два і більше разів дорожче, ніж власне його вартість. Крім цього, експлуатація складних технічних виробів неможлива без технічної підтримки підприємства-виробника або спеціалізованого сервісного підприємства. Враховуючи прагнення інтеграції України в технологічні, технічні та оборонні структури НАТО, потрібен перегляд систем технічного обслуговування та адаптація їх до стандартів, прийнятих в країнах Заходу. Одним із завдань, яке необхідно вирішити на шляху інтеграції Збройних Сил України в західні оборонні структури, є створення бази даних зразка озброєння. База даних зразка озброєння повинна складатися з інтерактивних електронних технічних публікацій, створюваних розробником зразка озброєння (підрядником) і записів аналізу логістичної підтримки, створюваних системою аналізу логістичної підтримки, як правило, автоматично. Тобто інтерактивні ремонтні та експлуатаційні документи є, по суті, канвою, яка наповнюється модулями даних (технічними публікаціями), створеними виробником озброєння, і коригуються модулями даних аналізу логістичної підтримки, які формуються на основі досвіду експлуатації того чи іншого виробу в конкретних умовах експлуатації.

Незважаючи на фундаментальний та інноваційний для України та загалом Балтійсько-чорномоського регіону характер статті [6], вона спирається на концепцію PLM, а не на більш широку концепцію CALS. Таким чином, є ризик, що інтегрованої бази даних зразка озброєння (Integrated Weapon System Data Base (IWSDB)) запропонована авторами [6] замкнеться на одному програмному продукті для її створення, що може створити певні перепони для взаємодії різних учасників життєвих циклів зразків озброєння та військової техніки, як прикладів високотехнологічних машинобудівних продуктів. Автори [6] не розглянули поняття моделі даних, а вона значною мірою визначає модель та архітектуру бази даних [7, 8]. Так, для розвитку баз даних машинобудівних виробів, зокрема зразків озброєння та військової техніки, було б дуже корисно розглянути моделі даних NATO CALS (NATO CALS Data Model (NCDM)) [9].

Потрібно відзначити, що в інших країнах Балтійсько-чорноморського регіону стан дослідження у напрямі NCDM та CALS-концепції взагалі, знаходиться значно на нижчому рівні ніж в Україні. Виключенням може бути лише Чехія де діє підприємство, що впроваджує CALS-технологій та системи на машинобудівних підприємствах [10]. Однак наукових публікацій в напрямі досліджень авторів з цієї країни виявлено не було.

**Формулювання цілей статті** Метою роботи є детальний розгляд моделі даних NATO CALS (NATO CALS Data Model (NCDM)) як загального набору визначень, які можна використовувати для досягнення узгодженості інтерфейсів на інформаційному рівні, не вимагаючи стандартизації апаратних чи програмних засобів в контексті її використання в інноваційному машинобудуванні країн Балтійсько-чорноморського регіону.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У роботі [11] дається більш сучасний опис NCDM версії 4.0. Однак, враховуючи те, що в науково-технічній літературі країн Балтійсько-чорноморського регіону питання розвитку NCDM не висвітлені, будимо спиратися на класичне розуміння NCDM, представлене в [9]. Також зауважимо, що в [11] вказується, що останнім часом паралельно із терміном NCDM використовується термін NATO Product Data Model (NPDM). Але автор у своїй роботі [11] все ж використовує термін NCDM.

Приведемо коротке визначення, що ж таке модель даних. Моделлю даних можна вважати абстрактне, самодостатнє, логічне визначення об'єктів, операторів та інших елементів, що у сукупності становля абстрактну машину доступу до даних, з якою взаємодіє користувач. Ці об'єкти дозволяють моделювати структуру даних, а оператори – поведінку даних [7].

NCDM ідентифікує загальний набір визначень даних, що використовуються для досягнення узгодженості інтерфейсів на інформаційному рівні, не вимагаючи стандартизації апаратних чи програмних засобів. Роль NCDM полягає в стандартизації репозиторію технічної інформації життєвого циклу машинобудівного виробу, наприклад зразка озброєння або військової техніки, з метою, щоб усі учасники життєвого циклу з різною інфраструктурою інформаційних технологій, наприклад різними апаратними та програмними платформами, могли використовувати ту саму технічну інформацію. Інформаційна модель стосується основного сенсу даних незалежно від технології. Модель описує сенс даних через структуру та обмеження коректності. Вона не визначає методи кодування для значень даних [9].

Згідно із рекомендаціями [9] для визначення вимог до інформації NCDM використовує мову моделювання EXPRESS. Функція EXPRESS полягає в описі інформаційних вимог та коректності умов для обміну даними. Інформаційна модель EXPRESS організована в схеми. EXPRESS це мова моделювання для даних про виробництво. EXPRESS оформляється відповідно до стандарту ISO 10303-11 [12]. NCDM використовує EXPRESS як формальну мову для визначення вимог до інформації. NCDM не є інструментом (plug-and-play) підключення та вирішення всіх проблем управління інформацією. Потрібно подальше розроблення для побудови IT-системи навколо NCDM. Функція EXPRESS полягає в описі інформаційних вимог та правильності умов, необхідних для змістовного обміну даними [9].

Сирі дані не є інформацією. Учасникам життєвого циклу продукту доцільно обмінюватися даними лише у зв'язці із угодою про значення цих даних. Інформаційна модель – це угода про значення даних. Ця угода представлена формально, використовуючи відповідну мову опису (наприклад, EXPRESS). Угода визначає, якими даними будуть обмінюватися та який їх зміст. У моделі даних сенс даних передається структурою даних та зв'язком. Те, як дані створюються промисловістю і як вони використовуються експлуатантом, не є частиною угоди. Процеси та програмні продукти, які використовують дані, також не є частиною угоди.

NCDM може бути використана для уточнення технічної інформації, необхідної експлуатанту машинобудівного продукту для його підтримки в процесі служби протягом усього життєвого циклу. З погляду менеджера проекту, NCDM може використовуватися для визначення вимог до даних для конкретного проекту. Перевага використання NCDM полягає у якості даних, визначених договором.

Модель дає інтегрований вигляд даних, де проектні дані, такі як фізичні та функціональні розбиття, інтегруються з даними підтримки та з даними, необхідними для надання технічної документації. Підрядник надає дані про конфігурацію та проектування, підтримуючих підготовку звітів про складальне креслення та специфікацію Bill of Material (BOM), звіти про відзначені події, багаторівневі звіти про структуру виробів. Ці дані складаються у вигляді примірників таких структур NCDM, як:

- продукт;
- версія продукту;
- структуровані визначення продукту (його підтипів за потребою) [9].

Для поставлених товарів підрядник надає інвентарні номери НАТО (NATO STOCK NUMBERS (NSN)) у форматі, визначеному Системою кодифікації НАТО. NSN мають формувати приклади таких сутностей NCDM, як:

- ідентифікатор продукту зовнішній;
- призначення ідентифікації продукту;
- категорія ідентифікації продукту [9].

Дані щодо характеристик та управління, пов'язані з інвентарними номерами НАТО (NATO STOCK NUMBERS (NSN)), надаються у формі конкретизації щодо наступних сутностей NCDM:

- характеристика призначення;
- характеристика та її підтипи за потребою [9].

У [9] показано, що існує потік інформації між усіма учасниками життєвого циклу машинобудівного виробу, наприклад зразка озброєння чи військової техніки. У термінології NATO CALS Handbook цей потік називається «технічна інформація оборонної системи (Defense System Technical Information)». Коли учасникам із різними програмними та апаратними платформами потрібно ділитися однаковою інформацією, виникає потреба в інтерфейсах. Це складне і дороге програмне забезпечення, яке виконує функції «перекладачів» між різними системами. NCDM може використовуватися як загальний словник, узгоджений машинобудівною промисловістю та експлуатантом зразка високотехнологічної машинобудівної продукції. Це зменшує кількість інтерфейсів в системі із  $N(N-1)$  до  $2N$  де  $N$  – кількість учасників життєвого циклу продукту.

Модель даних реалізується в базі даних. Модель даних EXPRESS не залежить від технології і може бути реалізована в різних типах баз даних, наприклад реляційній, об'єктно-орієнтованій або ієрархічній. У [9] припускається, що модель реалізована у реляційній базі даних. Перевага реляційних систем полягає в їхній здатності зберігати великі обсяги даних у високономованій, табличній формі та виконувати ефективні запити у великих наборах даних. Реляційні системи використовують SQL як для визначення даних, так і для обробки даних. На жаль, EXPRESS не містить компоненти для автоматичного створення реляційних таблиць. Метод відтворення NCDM як реляційної бази даних був перевірений під час тесту певного устаткування [9]. У цьому методі кожна сутність відображається у таблиці зі стовпцями для атрибутів. Кожна таблиця містить стовпчик з унікальним ідентифікатором для кожного екземпляра. Атрибути з примітивним значенням зберігаються на місці, а складені значення, такі як

складальні одиниці та агрегати зберігаються як сторонні ключі, що містять унікальний ідентифікатор екземпляра. Наслідування нормалізується поза таблицями. Таблиця для кожного типу сутності містить локальні атрибути, визначені сутністю, і використовує ідентифікатор екземпляра в якості основного ключа. Повний екземпляр сутності з усіма успадкованими атрибутами можна реконструювати за допомогою об'єднання через ідентифікатор усіх таблиць ієрархії типів. У [9] наводяться конфлікти, які повинні бути вирішені для впровадження NCDM у реляційній базі даних:

У термінології [9] користувачами інтегрованої бази даних про продукти, побудовані навколо NCDM, є промисловість, команди проектів систем озброєння або військової техніки (Defense System project teams) та Збройні сили НАТО (NATO Armed Forces).

Сучасні високотехнологічні машинобудівні підприємства мають будувати свої інженерні процеси навколо інтегрованої бази даних продуктів. Інженерні процеси мають дуже складні інформаційні моделі, оскільки інженерні програми маніпулюють імітацією реального світу. Моделі таких областей, як геометрія CAD, допуски, матеріали та плани виготовлення є структурно і семантично багатими. Часто інформація існує лише у вигляді програмних мовних структур, взятих, як правило, системи Product Data Management (PDM), CAD або Logistic Support Analysis (LSA). У результаті виникає ситуація, що для опису складних продуктів використовуються лише спеціальні цільові бази даних, контрольовані постачальниками програмного забезпечення систем PDM, CAD та LSA. Розробники та виробники не мають повного контролю над своїми базами даних продуктів, що зі стратегічних причин явно небажано, особливо в сфері безпеки і оборони. Для подолання вищезазначених проблем проектним та виробничим компаніям необхідно інтегрувати свої інженерні процеси навколо свої власних баз даних продукту (рис. 1) [9]. Термін «інтегрований» тут відноситься до процесу узгодження даних із багатьох різних джерел, щоб отриманою колекцією можна було керувати сумісно із мінімальною надлишковістю.

Деякими із технічних можливостей тут є такі:

- інтеграція навколо баз даних продуктів дає можливість паралельного проектування – процесу, коли багато інженерів працюють одночасно над різними складовими продукту [2, 9];
- інтегрована база даних продукту дає можливість зберігати в одному місці інформацію, необхідну для доставки Технічної документації (наприклад, Посібників із експлуатації) разом із даними про конфігурацію високотехнологічного машинобудівного продукту;
- інтегрована база даних про продукти дає можливість більш ефективного та гнучкого способу передачі даних до замовника;
- користувачеві може бути надано доступ до бази даних, що підтримується підрядниками;
- база даних або її частина можуть бути доставлені користувачеві;
- дані можуть бути доставлені користувачеві за допомогою обмінних файлів у будь-якому форматі користувача [9].

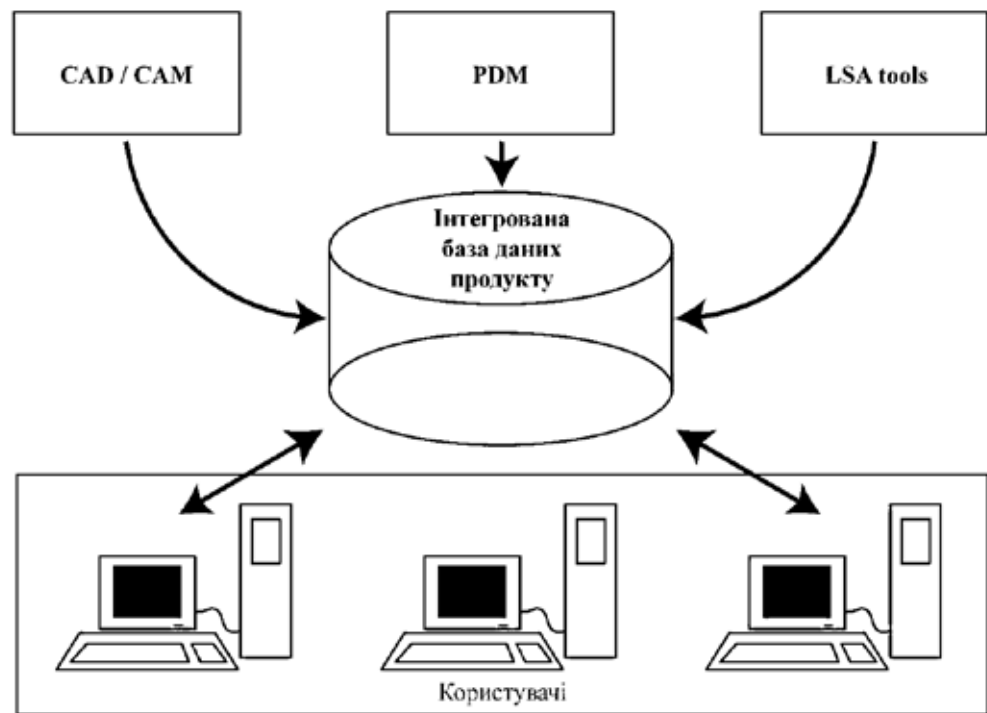


Рис. 1. Джерела даних інтегрованої бази даних продукту [9]

Основне значення інтегрованої бази даних продуктів для команд проекту систем озброєння або військової техніки (Defense System project teams) полягає в тому, що така база даних може підтримувати віддалений доступ будь-яким авторизованим користувачем. Команда проекту може використовувати цю функцію для отримання доступу до даних під час їх створення. Переваги цього очевидні, наприклад:

- перевірка відповідності системним вимогам може бути оцінена в режимі реального часу;
- перевірка точності та повноти баз даних здійснюється простіше [9].

Так інтегровані бази даних продуктів сприяють створенню міжнародних мультидисциплінарних команд проектів.

Незважаючи на те, що країни НАТО вклали значні кошти в інфраструктурні програми для забезпечення логістичної підтримки своїх збройних сил, NATO CALS Handbook не рекомендує конкретні апаратні чи програмні рішення, які є обов'язковими для різних сторін [9]. NCDM, стандартизуючи інформаційний рівень, надає можливість визначити нову інформаційну інфраструктуру, побудовану навколо «Бази даних технічної інформації оборонної системи» (Defense System Technical Information Database). Переваги такого сховища технічної інформації, побудованого для всіх доступних систем озброєння, очевидні. Переваг, які є ще більш значущими, можна було б досягти, якщо База технічної інформації оборонної системи буде послідовно впроваджена всіма країнами НАТО. У цьому разі буде досягнута реалізація розподіленої бази даних НАТО для «Технічної інформації оборонної системи». Країнам НАТО, які працюють разом, може бути

дозволено отримати доступ до технічної бази даних щодо зброї один одного на необхідній основі [9]. Такий підхід може бути корисним для підвищення рівня співробітництва машинобудівних підприємств країн Балтійсько-чорноморського регіону.

Вищенаведена інформація із NATO CALS Handbook [9] демонструє великі переваги NCDM для усіх учасників життєвих циклів високотехнологічних інноваційних продуктів. Далі розглянемо, яким чином [9] пропонує впроваджувати в програму розробки, виробництва та подальшого супроводження життєвого циклу зазначеного продукту.

Рис. 2 ілюструє дії, необхідні для побудови ІТ-системи на основі NCDM. Прямокутники на діаграмі представляють дії, які необхідно виконати; стрілки – компоненти системи, які повинні бути доступні для виконання дій. Створюючи NCDM, основний компонент системи, перша дія завершується. Всі інші компоненти засновані на NCDM, але не менш важливі. Реалізація NCDM зіткнеться з необхідністю розроблення таких компонентів, як бізнес-правила, керівництво зі впровадження, визначення формату атрибутів і розроблення програмного забезпечення [9].



Рис. 2. Побудова ІТ-системи на основі NCDM [9]

Після розгляду NCDM перейдемо до уроків, корисних для України та інших країн Балтійсько-чорноморського регіону, а також до питань, які можуть стати на шляху впровадження NCDM у менеджмент інноваційних машинобудівних підприємств регіону.

**Висновки (уроки для машинобудування країн Балтійсько-чорноморського регіону та відкриті питання впровадження NCDM).** Впровадження NCDM у високотехнологічне машинобудування, насамперед оборонно-промисловий комплекс України та інших країн Балтійсько-чорноморського регіону, відкриває великі

перспективи та ставить значні виклики для усіх учасників життєвих циклів інноваційної машинобудівної продукції. Серед перспектив потрібно відзначити такі:

1) робить більш ефективним паралельне проектування, що відкриває можливість до більш швидкого створення сучасних зразків машинобудівної продукції із залученням науковців та інженерів з усіх країн регіону;

2) сприяє створенню мультидисциплінарних команд проекту, що забезпечує більш системний підхід до проектування;

3) є важливим елементом побудови інформаційної інфраструктури машинобудування за принципами «Бази даних технічної інформації оборонної системи» (Defense System Technical Information Database);

4) відкриває можливість більш формалізованого супроводження життєвих циклів машинобудівної продукції виробництва країн Західної Європи, Об'єднаного Королівства, США, Канади;

5) сприяє створенню науково-технічних підприємств із аутсорсингу інженерних та науково-дослідних послуг в галузі машинобудування.

Таким чином, NCDM за рахунок більш ефективного менеджменту даних допомагають вирішити для машинобудівних галузей країн Балтійсько-чорноморського регіону два стратегічні завдання. По-перше, більша інтеграція як рівноправних членів у європейські та євроатлантичні структури. По-друге, але не менш важливе, пошук інтеграції всередині регіону, що результати підвищить конкурентоздатність машинобудівних галузей кожної із країн на світовому ринку, а також додасть країнам геополітичної ваги за рахунок створення сучасних зразків озброєння та військової техніки.

Серед проблем, що скоріше за все постануть перед країнами на шляху впровадження NCDM, потрібно назвати такі:

1) необхідність вивчення та впровадження стандартів NATO MIL STD 1388, AECMA Spec 1000D and AECMA Spec 2000M та ін.;

2) підготовка інженерів-програмістів зі знанням мов моделювання EXPRESS та EXPRESS-G;

3) вивчення можливості використання інших мов моделювання, наприклад The Unified Modeling Language (UML), для проектів, у яких набагато простіше знайти кадрове забезпечення в країнах Балтійсько-чорноморського регіону;

4) вивчення можливості створення не реляційної, а ієрархічної бази даних для реалізації NCDM для уникнення проблем окреслених в [9];

5) розглянути можливість створення репозиторію даних стандартних елементів загальномашинобудівного призначення;

6) на наднаціональному рівні розглянути можливість створення інформаційної інфраструктури для пошуків співробітництва країн у галузі інноваційного машинобудування.

Таким чином, є дві основні проблеми, що постануть перед країнами Балтійсько-чорноморського регіону на шляху впровадження NCDM, як і загалом концепції CALS. Першою з них є практична відсутність кадрового забезпечення цих процесів. Другою є наявність політичної волі керівництва країн регіону до інтеграції у високотехнологічних галузях. Обидва питання потребують широкого висвітлення питань CALS-концепції в науковій, науково-популярній та навчальній літературі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воїнов В.В. Інтегрована логістична підтримка зразків озброєння та військової техніки. *Системи озброєння і військова техніка*. 2014. № 1 (37). С. 12–15.
2. Скворчевський О.Є. Аналіз зарубіжного досвіду побудови CALS-технологій для управління життєвим циклом озброєння та військової техніки. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Серія «Економічні науки»*. Харків: НТУ «ХПІ», 2016. № 48 (1220). С. 75–80. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/29399> (дата звернення: 24.12.2020).
3. Скворчевський О.Є. CALS-концепція логістичної підтримки життєвого циклу озброєння та військової техніки: національні аспекти впровадження. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони (Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence)*. 2019. № 1 (34). С. 45–52. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41288> (дата звернення: 24.12.2020).
4. Скворчевський О.Є. Організація систем управління баз даних в логістичній підтримці життєвого циклу озброєння та військової техніки. *Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами*: матеріали III Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (7 грудня 2018 р. Луцьк): РВВ Луцького НТУ, 2018. Ч. 2. С. 239–243. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39152> (дата звернення: 24.12.2020).
5. Скворчевський О.Є., Лаврук А.Р. Пакети технічних даних в інтегрованій логістичній підтримці зразків озброєння та військової техніки. *Проблеми формування та розвитку інноваційної інфраструктури*: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. (23–25 травня 2019 р. Львів): Львівська політехніка, 2019. С. 419. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41652> (дата звернення: 24.12.2020).
6. Creating a database of existing weapon system / V. Voinov, G. Kachurovski, A. Shevchenko, O. Gurin. *Актуальні питання розвитку Збройних Сил*: збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. 2018. № 3 (57). С. 38–42.
7. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: «Вильямс», 2006.
8. Когаловский М.Р. Абстракции и модели в системах баз данных. *СУБД*. Издательский дом «Открытые системы». 1998. № 4–5.
9. NATO CALS: handbook. Brussels, 2000. 307 p. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.194.9777&rep=rep1&type=pdf> (дата звернення: 24.12.2020).
10. CALS service. URL: <http://www.cals.cz> (дата звернення: 27.12.2020).
11. Dr. John W. Sheppard Review of NATO CALS Data Model v. 4.0. URL: <https://grouper.ieee.org/groups/scc20/dmc/1522/NCDM-review.pdf> (дата звернення: 24.12.2020).

12. ISO 10303-11:2004. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual. URL: <https://www.iso.org/standard/38047.html> (дата звернення: 24.12.2020).

#### REFERENCES

1. Voinov, V. (2014). Integrated logistical support of samples of armaments and military equipment [Intehrovana lohystychna pidtrymka zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky]. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*. 1 (37), 12–15. [in Ukrainian].
2. Skvorchevskiy, O. (2016). Analysis of foreign experience and encouragement of CALS-technologies for managing the life cycle of health and safety [Analiz zarubizhnogo dosvidu pobudovy CALS-tekhnologii dlia upravlinnia zhyttievym tsyklom ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky]. *Visnyk Nats. tekhn. un-tu «KhPI»: zb. nauk. pr.Seriia «Ekonomichni nauky»*. 48 (1220), 75–80. Retrieved from <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/29399> [in Ukrainian].
3. Skvorchevskiy, O. (2019). CALS-concept of logistics support of the life cycle of armaments and military equipment: national aspects of implementation [CALS-kontseptsiiia lohystychnoi pidtrymky zhyttievoho tsyклу ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky: natsionalni aspekty vprovadzhennia]. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*. 1 (34), 45–52. Retrieved from <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41288> [in Ukrainian].
4. Skvorchevskiy, O. (2018, 7 december). Organization of database management systems in the logistical support of the life cycle of armaments and military equipment [Orhanizatsiia system upravlinnia baz danykh v lohystychnii pidtrymtsi zhyttievoho tsyклу ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky]. *Aktualni problemy upravlinnia sotsialno-ekonomichnymy systemamy: materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. Lutsk*. 2, 239–243. Retrieved from <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/39152> [in Ukrainian].
5. Skvorchevskiy, O., & Lavruk, A. (2019, 23–25 may). Technical data packages in integrated logistical support of samples of armaments and military equipment [Pakety tekhnichnykh danykh v intehrovanii lohystychnii pidtrymtsi zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky]. *Problemy formuvannia ta rozvytku innovatsiinoi infrastruktury: materialy V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Lviv*. 419. Retrieved from <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41652> [in Ukrainian].
6. Voinov, V. Kachurovski, G. Shevchenko, A. & Gurin, O. (2018). Creating of database of existing weapon system. *Aktualni pytannia rozvytku Zbroinykh Syl: zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnogo universytetu Povitrianykh Syl im. Ivana Kozheduba*. 3 (57), 38–42.
7. Deyt, K. Dzh. (2006). *Introduction to Database Systems*. [Vvedenie v sistemy baz danykh]. Moscow: Vilyams. [in Russian].

8. Kogalovskiy, M. (2014). Abstractions and models in database systems [Abstraktsii i modeli v sistemakh baz dannyakh]. *SUBD*. Izdatelskiy dom «Otkrytye sistemy». 1998. № 4–5. [in Russian].
9. NATO CALS: handbook. (2000). Brussels. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.194.9777&rep=rep1&type=pdf>
10. CALS service (<http://www.cals.cz>).
11. Dr. John, W. Sheppard Review of NATO CALS Data Model v. 4.0. Retrieved from <https://grouper.ieee.org/groups/scc20/dmc/1522/NCDM-review.pdf>
12. ISO 10303-11:2004. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/38047.html>

## РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 621.181.2

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2020.2-7.08>

### ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА В НАУКОВОМУ ОГЛЯДІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЙОГО СПАЛЮВАННЯ

А.Г. Данилян<sup>1</sup>, І.З. Маслов<sup>2</sup>, Н.Б. Тірон-Воробйова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>старший викладач кафедри суднових енергетичних установок і систем,  
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»,  
Ізмаїл, Одеська область, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-9468-2756

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, завідувач кафедри суднових енергетичних установок і систем,  
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»,  
Ізмаїл, Одеська область, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-1759-6077

<sup>3</sup>к.т.н., доцент кафедри загальнонаукових дисциплін,  
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»,  
Ізмаїл, Одеська область, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-8269-2682

#### Анотація

**Вступ.** Різноманіття використовуваного палива й різних сумішей, включаючи гомогенізоване паливо на суднах річкового й морського флоту, постійно зростає за номенклатурою та якістю свого вмісту, що забезпечує зниження шкідливих викидів та економію енергетичного ресурсу. Аналітичне вивчення основних напрямів у використанні дизельного палива з різними домішками й компонентами на суднах відкриває додаткові можливості у вишукуванні резервів для постійно зростаючих вимог до екологічного вдосконалення сучасного водного транспорту. **Мета.** Стаття має на меті в певній послідовності показати нові сучасні наукові підходи в технології обробки дизельного палива і його різні варіації використання. Поділитися власним науково-дослідним досвідом, отриманим у результаті випробувань на річкових і морських суднах паливних нанокаталізаторів і гомогенізованого палива. Застосування спиртів із мінімальними добавками дизельного палива розкрито в деталях табличним методом за своїми фізичними й хімічними показниками й характеристиками, де зроблено певні дослідження в пріоритетності його застосування на суднах. Показані позитивні сторони роботи суднових дизелів Fuel Dual на природному газі LPG і рідкому паливі з високим рівнем зниження шкідливих викидів в атмосферу, де практично до нуля зведені CO і зниження CO<sub>2</sub> становить 20 %. **Результати.** Проаналізовано науково-дослідну роботу Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія» у використанні водно-паливної емульсії та каталізаторів палива укра-

їнського виробництва, здатних реструктурувати легке дизельне паливо. У першому й у другому випадку отримано обнадійливі результати зниження шкідливих викидів в атмосферу в газах суден Українського Дунайського пароплавства й морських суден рибного промислу однією з індійських флотилій, де було отримано економію палива в 17,5 % за час путини в Індійському океані. На випробуванні паливних каталізаторів проводилася попередня діагностика технічного стану двигунів і його паливної апаратури. Додатково були проведені випробування на предмет граничного ресурсу використання каталізатора, який склав 500 тонн легкого дизельного палива. **Висновки.** У науковій статті показано переваги й недоліки використання різних видів сучасного палива і його суміші з різноманітними включеннями й компонентами. Визначено нові сучасні наукові напрями для подальшої науково-дослідної роботи.

**Ключові слова:** гомогенізація, водно-паливна емульсія, паливний каталізатор, етанол, метан, цетан.

#### ECOLOGY AND SAVINGS OF DIESEL FUEL IN THE SCIENTIFIC REVIEW OF NEW TECHNOLOGIES OF ITS COMBUSTION

A.H. Danylyan<sup>1</sup>, I.Z. Maslov<sup>2</sup>, N.B. Tiron-Vorobiova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Senior Lecturer at the Department of Ship's Power Plants and Systems,  
Danube Institute

of the National University "Odessa Maritime Academy",  
ORCID ID: 0000-0002-9468-2756

<sup>2</sup>Ph.D. in Technical Sciences,

Associate Professor, Head of the Department of Ship's Power Plants and Systems,  
Danube Institute

of the National University "Odessa Maritime Academy",  
ORCID ID: 0000-0003-1759-6077

<sup>3</sup>Ph.D. in Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of General Scientific Disciplines,  
Danube Institute

of the National University "Odessa Maritime Academy",  
ORCID ID: 0000-0002-8269-2682

#### **Summary**

**Introduction.** The variety of fuels used and various mixtures, including homogenized fuel on river and sea vessels, is constantly growing in terms of the nomenclature and quality of its content, which ensures the reduction of harmful emissions and saves energy resources. An analytical study of the main directions in the use of diesel fuel with various impurities and components on ships opens up additional opportunities in finding reserves for the constantly growing requirements for the environmental improvement of modern water transport. **Purpose.** This article aims to show, in a certain sequence, new modern scientific approaches in the technology of processing diesel fuel and its various variations of use. Share your own research experience gained as a result of tests on river and sea vessels of fuel nano catalysts and homogenized fuels. The use of alcohols with minimal additions of diesel fuel is disclosed in detail by the tabular method according to its physical and chemical indicators and characteristics, where certain studies have been made in the priority of its use on ships. The positive aspects of the operation of

*Fuel Dual marine diesel engines on natural gas LPG and liquid fuel with a high level of reduction of harmful emissions into the atmosphere are shown, where CO is practically zero and the reduction of CO<sub>2</sub> is 20 %. **Results.** The research work of the Danube Institute NU "OMA" in the use of WFE and Ukrainian-made fuel catalysts capable of restructuring light diesel fuel is analyzed. In the first and second cases, encouraging results were obtained in reducing harmful emissions into the atmosphere in the exhaust gases of the vessels of the Ukrainian Danube Shipping Company and sea fishing vessels of one of the Indian flotilla, where a fuel saving of 17.5 % was obtained during the fishing season in the Indian Ocean. During the testing of fuel catalysts, preliminary diagnostics of the technical condition of engines and its fuel equipment was carried out. Additionally, tests were carried out for the ultimate resource of the catalyst, which amounted to 500 tons of light diesel fuel. **Conclusions.** The scientific article shows the advantages and disadvantages of modern fuel use of various types of fuels and its mixture with various inclusions and components. New modern scientific directions for further research work have been identified.*

**Key words:** homogenization, WFE, fuel catalyst, ethanol, methane, cetane.

**Вступ.** Світовий розвиток економіки став великим стимулом зростання виробництва в різних сферах діяльності людини, що привело до значного використання енергетичних ресурсів, і зокрема до споживання вуглеводневого палива, практично у всіх сферах транспорту.

Морський і річковий флот є складовою ланкою Світового транспорту, де використання різних сортів дизельного палива перевищує 267 млн т за підсумками 2019 р. [1]. Останнім часом у зв'язку з підвищеними вимогами на флоті до екологічності викидів в атмосферу суднових двигунів і котлоагрегатів судновласники почали активну роботу з переоснащення дизельних двигунів і встановлення на новоспоруджуваних суднах енергетичних установок, які працюють на зрідженому природному газі – CH<sub>4</sub>. Це дозволяє працювати флоту відповідно до постійно зростаючих вимог, що висуваються до викидів в атмосферу суднових установок із великим запасом цих шкідливих показників.

Підходи до питання екології та економії палива в різних країнах відрізняються від загальноприйнятих норм і вимог. Досить згадати результати голосування на Паризькій конференції 2016 р. із питання зниження викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу, де за прийняття резолюції відмовилися голосувати дві країни: Китай і США. Викиди діоксиду вуглецю CO<sub>2</sub> у цих країнах складають від загального обсягу світових викидів 36 %. Використання високосірчистих сортів палива до 4 % залишається нормою в окремих країнах Індокитаю, але все менше й менше залишається країн, що бажають завдавати непоправної шкоди навколишньому середовищу.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Для визначення поставлених нами цілей нам необхідна методика й інструментарій, загальноприйняті в практиці подібних досліджень. Існує спеціальна методика розрахунку шкідливих викидів у відпрацьованих газах (далі – ВГ) суднових двигунів внутрішнього згоряння (далі – СДВЗ), яка дозволяє перевірити ще раз дані, отримані газоаналізатором. Під час проведення експерименту ряд показників було перевірено ще раз, що дозволило переконатися в правильності показань приладу [2].

Під час розгляду ряду напрямів екології викидів у газах суднових двигунів внутрішнього згоряння, наприклад, у таких країнах, як США й ряду країн Латинської Америки, йде випередження використання спиртів у добавках до дизпалива в порівнянні з використанням природного газу й водно-паливної емульсії (далі – ВПЕ).

Таблиця 1

**Фізико-хімічні властивості найпростіших спиртів**

Показники	Спирти							
	метанол	етанол	n-пропанол	ізопропанол	n-бутанол	вторбутанол	третбутанол	ізобутанол
Формула	CH <sub>3</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH
Молекулярна маса	32,04	46,07	60,10	60,10	74,12	74,12	74,12	74,12
Густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	791,7	789,0	803,5	785,1	809,8	806,0	788,7	802,1
В'язкість кінематична при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	0,75	1,00	2,81	3,09	3,60	5,22	4,20	4,50
Поверхневий натяг при 20 °С, мН/м	22,1	22,0	23,8	21,7	24,2	23,0	–	22,1
Цетанове число	5	8	–	–	18	–	15	–
ОЧ по моторному методу	98	99	–	90	87	–	95	94
ОЧ по дослідному методу	112	111	–	110	–	112	–	113
Температура плавлення, °С	–97,8	–114,6	–126,2	–89,5	–89,8	–114,7	25,5	–108,0
Температура кипіння, °С	64,7	78,4	97,2	82,4	117,5	99,5	82,9	108,4
Критична температура, °С	249,4	243,7	263,7	233,6	288,6	264,0	235,0	271,0
Критичний тиск, Мпа	8,02	6,38	5,10	5,38	4,68	4,53	4,96	4,58
Температура спалаху, °С	10,0	12,2	23,0	13,0	34,0	24,0	10,0	28,0
Температура самозаймання, °С	464	426	371	–	345	–	480	390
Концентровані межі самозаймання, %	6,7–36,5	3,2–19,0	2,1–13,5	2,2–13,0	1,8–12,0	1,9–7,9	–	1,8–7,3
Теплота згоряння нижча, кДж/кг	19 760	26 800	30 700	32 800	33 100	–	–	32 980
Кількість повітря, яка необхідна для згоряння 1 кг речовини, кг	6,49	9,01	10,36	10,36	11,20	11,20	11,20	11,20
Теплота випаровування, кДж/кг	1 115	870	749	670	591,2	562,4	535,4	578,4
Тиск насичених парів при 0,1 МПа та 20 °С, кПа	24,6	12,2	2,0	5,2	0,8	2,4	5,6	1,2
Тепломісткість C <sub>p</sub> при 0,1 МПа та 20 °С, Дж/(кг·град)	2,51	2,47	2,45	2,68	2,43	2,73	–	2,38
Склад, % по масі								
С	37,5	52,2	60,0	60,0	64,8	64,8	64,8	64,8
Н	12,6	13,1	13,4	13,4	13,6	13,6	13,6	13,6
О	49,9	34,7	26,6	26,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Розчинність у воді при 20 °С, г/100 г води	не обмежена	не обмежена	добра	добра	10,0	12,5	не обмежена	11,1
ГДК робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	5	1 000	10	980	10	150	300	150

Примітка: ОЧ – октанове число, ГДК – гранично-допустима концентрація

Таблиця 2

**Вартість етанолу на світовому ринку**

Країна	Вартість (євро/м <sup>3</sup> )
Бразилія	160
Бразилія (безводний спирт)	220
США (безводний спирт)	250
Європа (безводний спирт із цукрового буряку)	350–450
Імпорт спирту в Європу	190

Розглядаючи енергетичні й хімічні показники спиртів, очевидними стають показники етанолу, що характеризує його як екологічно чистий і менш небезпечний у використанні енергетичної сировини. Не випадково в цих країнах його використання стає дедалі більше в обсягах, приносячи значні прибутки його виробникам.

Перехід на етанол у суміші 85 % етанолу, 15 % бензину (приблизно такий же відсоток становить етанол у дизельному паливі) дозволяє широко використовувати це паливо як в автомобільному, так і в річковому й морському транспорті [3].

**Мета статті.** Визначення найкращих шляхів використання вуглеводневого палива й економія його витрат шляхом зниження шкідливих викидів в атмосферу у ВГ енергетичних установок суден.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Хороші європейські напрацювання зарекомендували себе на транспорті у використанні ріпакової олії, досягнутий показник утилізації харчових масел до 70 % їх використання у двигунах внутрішнього згоряння. Перспективним вважається використання харчових масел у дизельних двигунах через свою низьку вартість і можливості його отримання частково шляхом утилізації та хорошою врожайністю ріпакової, соєвої, соняшникової олії.

Різноманіття біопалива, включаючи спирти й рослинні харчові й технічні сорти масел, створюють широкий простір для науково-дослідної роботи у створенні сумішевих та емульгованих компонентів для спалювання їх у дизельних двигунах.

Науково-технічний прогрес відкрив нові можливості гомогенізації рідкого вуглеводневого палива, створюючи найдосконаліші суміші ВПЕ, що досягають своєї однорідності до 24 місяців. Ця перевага є основоположною в судновій енергетиці, яка повністю дозволить позбавитися від паливопідготовки на судні ВПЕ. Цей метод був запропонований групою вчених та інженерів Дунайського інституту Національного університету «ОМА» [4]. Подібна суміш води й палива буде готуватися в промислових масштабах на берегових і плавучих бункерувальних базах.

Автори статті є випробувачами паливних каталізаторів Fuel Well науково-виробничої компанії (далі – НВК) «Еко-Авто-Титан» (Україна) для використання їх на річкових і морських суднах, також вони можуть використовуватися на автомобільному й залізничному транспорті. Каталізатор являє собою складну суміш хімічних реагентів, здатних реструктурувати дизельне паливо, змінюючи його характеристики горіння в кращу сторону (рис. 1) [5].

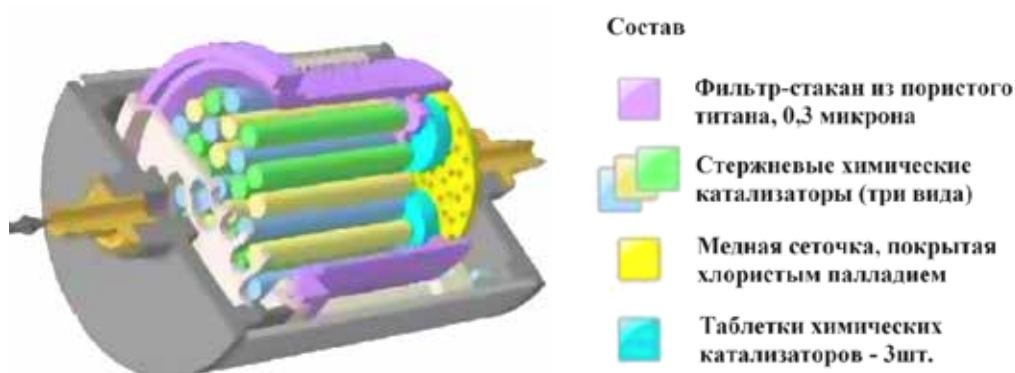


Рис. 1. Паливний каталізатор Fuel Well ФПТ 14 ДМ

Використовувані на Світовому морському й річковому флоті каталізатори з очищення випускних газів дизельних установок поділяються на два типи: скрубери й каталізатори у вигляді синтетичних фільтрів, які встановлюються на газовипускній системі двигуна. Перші встановлюються на двигунах підвищеної потужності від 20 тис. кВт і вище, другі – це компактні модулі, що, як правило, не потребують додаткового очищення, а просто замінні, які приходять у непридатність. Ці пристрої були продиктовані необхідністю виконання Резолюції ММО МЕРС 203 (62) [6].

**Результати досліджень.** Методика розрахунку окремих показників шкідливих викидів у ВГ СДВЗ:

Під концентрацією сажі розуміють її масову частку в сухих відпрацьованих газах, яка визначається за показаннями димоміра або перерахунком з оптичної щільності відпрацьованих газів. Оптична щільність відпрацьованих газів визначається в %.

Для перекладу вмісту сажі в одиницю маси використовується робоча формула:

$$C_c = 1,262 \cdot 10^{-4} \cdot \kappa^2 - 1,98 \cdot 10^{-3} \cdot \kappa + 3,67 \cdot 10^{-2} \text{ г/м}^3, \quad (1)$$

де  $C_c$  – вміст дисперсного вуглецю у ВГ;  $\kappa$  – коефіцієнт ослаблення світлового потоку за паспортом димоміра.

Під концентрацією окису вуглецю розуміють об'ємну або масову частку CO в сухих відпрацьованих газах. Перерахунок концентрації здійснюється за формулою:

$$C_{CO} \text{ г/м}^3 = 12,5 C_{CO} \% \text{ обсягу.} \quad (2)$$

Під оксидами азоту розуміють суміш різних оксидів азоту, окрім закису  $N_2O$ , що утворилася в циліндрі в процесі згоряння палива. Під концентраціями оксидів азоту – об'ємну або масову частку в сухих відпрацьованих газах двоокису азоту  $NO_2$  в припущенні, що всі оксиди виду  $NO_x$  перетворені в еквівалентну кількість  $NO_2$ . Перерахунок концентрацій проводиться за формулою:

$$C_{NO_2} \text{ г/м}^3 = 20,5 C_{NO_2} \% \text{ обсягу.} \quad (3)$$

Питомий викид окисів азоту  $\text{NO}_x$  та окису вуглецю  $\text{CO}$  визначається за формулами:

$$L_{\text{NO}_x} = \frac{5,72 \cdot 10^4 \text{NO}_x (G_{\text{air}} - 0,000974G_f)}{N_e}, \quad (4)$$

$$L_{\text{CO}} = \frac{3,48 \cdot 10^4 \text{CO}(G_{\text{air}} - 0,000974G_f)}{N_e}, \quad (5)$$

де  $\text{NO}_x$  і  $\text{CO}$  – концентрація окисів азоту й окису вуглецю, %;  $G_{\text{air}}$  – витрата повітря, кг/с;  $G_f$  – витрата палива, г/с;  $N_e$  – ефективна потужність дизеля на режимі випробувань, кВт.

$G_{\text{air}}$  – витрата повітря – визначається за формулою, кг/с:

$$G_{\text{air}} = \alpha_\Sigma \cdot L_m \cdot G_f \cdot 28,95 / 3600, \quad (6)$$

де  $\alpha_\Sigma$  – сумарний коефіцієнт надлишку повітря;  $G_f$  – витрата палива, кг/год;  $L_m$  – теоретична кількість повітря, необхідна для згоряння 1 кг палива використовуваного складу, моль/кг (для палива складу  $\text{C} = 66\%$ ;  $\text{H} = 13\%$ ;  $\text{O} = 1\%$ :  $L_m = 0,495$  моль/кг).

Під час проведення аналізу складу відпрацьованих газів значення  $\alpha_\Sigma$  визначається за формулою:

$$\alpha_\Sigma = 1 / 1 - 3,76 \text{O}_2/\text{N}_2. \quad (7)$$

Вміст азоту в продуктах згоряння підраховується за формулою:

$$\text{N}_2 = 100 - (\text{CO}_2 + \text{O}_2), \quad (8)$$

де  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  – вміст у продуктах згоряння азоту, вуглекислого газу й кисню у відсотках за обсягом.

Під час розрахунку за прийнятими питомими викидами шкідливих речовин значення  $\alpha_\Sigma$  визначається за формулою:

$$\alpha_\Sigma = \alpha \cdot \alpha_1 / \eta_n, \quad (9)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря під час згоряння палива ( $\alpha = 1,8 - 2,0$ );  $\alpha_1$  – коефіцієнт надлишку продувного повітря,  $\alpha_1 = 1,05 - 1,15$ : для 4-хтактних дизелів;  $\alpha_1 = 1,8 - 1,4$ : для 2-хтактних дизелів;  $\eta_n$  – коефіцієнт наповнення циліндра ( $0,8 - 0,9$ : для 4-хтактних дизелів,  $0,7 - 0,9$ : для 2-хтактних дизелів); (менші значення: для дизелів без наддуву).

Умовна витрата відпрацьованих газів визначається за формулами:

– для 4-хтактних дизелів:

$$V_H = \frac{V_n n}{120}; \quad (10)$$

– для 2-хтактних дизелів:

$$V_H = \frac{V_n n}{60}, \quad (11)$$

де  $V_n$  – сумарний робочий об'єм циліндрів дизеля,  $\text{дм}^3$ ;  $n$  – частота обертання колінчастого вала дизеля,  $\text{м}^{-1}$ .

Очікувані результати досліджень припускають визначити ефективність різних напрямів у використанні розглянутих методів і науково обґрунтованих технологій, впроваджуваних на суднах; розробити методики розрахунку показників якості, екологічності використання біопалива, ВПЕ, каталізаторів структурування палива й каталізаторів очищення випускних газів суднових дизелів; отримати рекомендації для практичного використання на морському й річковому флоті всього спектру результатів дослідження з різними видами палива та їх сумішшю.

Розглянуте біопаливо, як основний енергетичний ресурс у використанні його на морських і річкових суднах дає значні переваги в питаннях зниження шкідливих викидів в атмосферу й економії палива. На тлі постійного коливання цін на світовому нафтовому ринку використання біопалива забезпечує стабільну економію коштів у його використанні. Значуща перевага біопалива полягає в тому, що воно добре поєднується з нафтовими продуктами, а також здатне до створення ВПЕ. Проведені дослідження Світовими науковими центрами в багатьох країнах показали його екологічність, фіксуючи хороші результати в зниженні оксиду азоту  $\text{NO}_x$  на 20–30 %, викидів сажі до 40 %, окису вуглецю  $\text{CO}$  до 45 %; економія палива за результатами випробувань, проведених на річкових і морських суднах, склала в межах 5–10 %. На ряду зі своїми перевагами в процесі досліджень були виявлені й недоліки біопалива. Низьке цетанове число призводить до поганого запуску дизеля та його жорсткої роботи, що позначається на циліндро-поршневій групі (далі – ЦПГ) двигуна, знижуючи її моторесурс [7].

Широко використовується природний газ метан для роботи суднових дизелів, так званих двигунів категорії Dual Fuel, здатних працювати як на природному газі, так і на рідкому паливі. Особливістю цих двигунів є те, що вони мають високий рівень екологічності викидів газів, що відходять в атмосферу. За показником діоксиду вуглецю  $\text{CO}_2$  зниження становить до 20 %. Викиди оксиду азоту  $\text{NO}_x$  (Nitrogen oxide) знижуються на 80 %, викиди оксиду сірки  $\text{SO}_x$  (Sulphur oxide) повністю виключені. Вартість таких двигунів у 1,5–1,7 раза вище рідиннопаливних, зберігання та бункерування скрапленого метану  $-162\text{ }^\circ\text{C}$  вимагає значних витрат для його вмісту в криотанках, де випаровування зрідженого газу протягом доби становить до 1,5 % від його обсягу, що зобов'язує встановлювати додаткове обладнання зі зворотної регенерації газу в його рідку фазу. Робота двигуна на маневровому режимі на мінімально стійких оборотах допускається тільки на рідкому паливі згідно з вимогами наглядових органів. Судна малого тоннажу останнім часом стали використовувати компримирований (стиснений) метан під тиском до 1500 барів у спеціальних місткостях, розташованих вище ватерлінії судна [8].

Використання ВПЕ на суднах морського й річкового флоту відбувається досить повільно через певні технічні труднощі, пов'язані з приготуванням і зберіганням такої суміші, тут, на жаль, присутній і морський консерватизм на тлі зниження Світових цін на вуглеводневе паливо. Як було сказано вище в статті, останнім часом вдалося досягти високої однорідності ВПЕ в тривалому періоді її зберігання завдяки останнім досягненням науково-технічного прогресу у використанні наноприправок у вуглеводневому паливі й створенні кавітаційних гомогенізаторів із додатковим блоком електромагнітного розряду [9]. У Дунайському

інституті Національного університету «Одеська морська академія» (далі – НУ «ОМА») були проведені натурні випробування на суднах Українського Дунайського пароплавства з використанням виробленого на річковому буксирі-штовхачі «Прага» ВПЕ, на якому один із двигунів 8 NVD 48 AU2 з «будівельною» потужністю  $N_e = 736$  кВт відпрацював 50 годин і показав певні позитивні результати, які були зафіксовані сучасним газоаналізатором TESTO-350 та електронним димоміром ДЕП-2. Визначення непрямих і прямих показників роботи двигуна проводилися електронним індикатором фірми LOUTER. На випробуваному двигуні були отримані такі результати: зниження  $NO_x$  склало до 29 %,  $CO_x$  – до 35 %, зниження температури відпрацьованих газів склало 25 °С. Після випробувань був проведений порівняльний аналіз ЦПГ головних двигунів, де було виявлено зменшення нагароутворення та зниження його твердості до пухкого стану в порівнянні з деталями двигуна – працював на чистому паливі. Робоча суміш ВПЕ була виготовлена на гомогенізаторі мембранного типу з 15 % вмістом води в легкому паливі [10].

Особливим розділом наукової статті є питання вивчення роботи суднових каталізаторів. Один із них працює з реструктуруванням палива й знаходиться в постійному полі уваги інженерів і вчених Дунайського інституту НУ «ОМА». За спільним укладеним договором між інститутом і науково-виробничою компанією НВК «Еко-Авто-Титан» (Україна) проводяться дослідження на річкових і морських суднах каталізаторів лінійки FUEL WELL різних модифікацій. За три роки було проведено чотири дослідження, три з яких проводилися на суднах Українського Дунайського пароплавства (далі – УДП), а одне – на риболовецькому морському судні в період путини в Індійському океані. Контроль проведених досліджень підтверджено сертифікованими організаціями України – інститутом Екології та енергозбереження на суднах пароплавства – й індійською компанією – Enggsol engineering India PVT LTD, [enggsol.in/index.php](http://enggsol.in/index.php) – на риболовецькому судні протягом 11-денної путини. Показники зниження шкідливих викидів і контроль роботи двигунів проводився сучасними сертифікованими електронними приладами, які показали такі дані:  $NO_x$ : зниження 28 %,  $CO_x$ : зниження 50 %, зниження димності в газах понад 50 %. На суднах УДП економія палива не перевищувала 3 % через залишковий моторесурс головних двигунів, які перебувають у незадовільному технічному стані.

Перед випробуваннями суден УДП була протестована вибірково паливна апаратура одного з головних двигунів. Як виявилось, тиск уприскування форсунок становив від 220 до 250 барів замість покладеного тиску 350 барів. Плунжерні пари паливних насосів високого тиску мали граничні протікання палива, що не дозволяло забезпечити робочий тиск згідно з технічною інструкцією заводу будівельника. Індикацією двигунів зафіксовано великі перепади потужності, непрямих показників та основних показників по циліндрах. На відміну від двигунів суден УДП, двигун риболовецького судна знаходився в хорошому технічному стані, що дозволило зафіксувати економію палива за весь період рейсу 17,5 %. Таку економію підтвердила своїм сертифікатом індійська сторона [11]. Каталізатори НВК «Еко-Авто-Титан» (Україна) були додатково протестовані нашим інститутом на предмет їхнього граничного ресурсу роботи, який склав понад 500 тонн обробки легкого дизельного палива. Остання договірна ціна каталізатора для двигуна потужністю  $N_e = 1000$  кВт становила 14 тис. умовних одиниць.

Використовувані каталізатори, що встановлюються на вихлопному тракті двигуна, такі як скрубери з ефектом барботування випускних газів двигуна, дозволяють знизити  $\text{NO}_x$  до 80 %, але є досить габаритними пристроями, не вміщаються в машинному відділенні судна й розташовуються, займаючи великий простір на верхній палубі судна. Вартість скрубера для двигунів великотоннажних суден становить від 1 до 2 млн євро із щорічним обслуговуванням від 400 до 700 тис. євро. До недоліків каталізаторів, встановлених на випускному тракті двигуна, відносять те, що вони створюють додатковий опір руху випускних газів, підвищуючи тим самим витрати палива, й вимагають додаткового видалення нагароутворювальних відкладень [12].

**Висновки.** Розгляд різних методів паливopідготовки й спалювання палива, ВПЕ й сумішей палив, використання газоподібного й біопалива для СДВЗ у науковому аспекті дозволяють зробити висновки, що багато питань, що розкриваються в статті, вимагають додаткових досліджень і наукових обґрунтувань. Перспективи використання поза сумнівом є для кожного напрямку описаного в статті, але пріоритетом залишаються наукомісткі напрями з використанням останніх досягнень нанотехнологій, хвильової механіки, електроімпульсних розрядів різних частот і багато іншого.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Fuel Digest. Блог глобального споживання палива. 2019. URL: <https://www.deive2.ru>.
2. Методичні вказівки щодо розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Міністерство річкового флоту РСФСР, 1987. С. 2–18.
3. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В.А. Марков и др. Москва : НДЦ «Инженер» (союз НДО), 2016. 292 с.
4. Данилян А.Г. , Чимшир В.І., Найдьонов А.І. Перспективи переходу суден річкового флоту на водопаливну емульсію. *Вісник Одеського національного університету*. № 2 (44). Одеса, 2015. С. 121–127.
5. Данилян А.Г. Звіт про науково-дослідну роботу щодо впровадження фільтра-перетворювача палива виробництва НПФ ТОВ «Еко-Авто-Титан» для зниження шкідливих викидів в газах судових дизелів. Дунайський інститут національного університету «ОМА», 2018. 22 с.
6. ММО Резолюція МЕРС. 203 (62). Прийнята 15 липня 2011 року (Включення правил енергоефективності для суден в Додаток V до конвенції МАРПОЛ). 24 с.
7. Вальехо Мальдонадо П.Р., Марков В.А., Бірюков В.В. Дослідження займистості емульсій рапсового масла і етанолу. *Вісник МДТУ ім. Н. Е. Баумана. Машинобудування*. 2016. № 5. С. 109.
8. Луцкевич А.М., Крестьянцев А.Б. Використання ЗПГ на водному транспорті: утопія чи розумний вибір? Москва : Вид-во ФГУП «Криловський державний науковий центр», 2014. 34 с.
9. Економія палива. Виробництво вододизеля. Водно-паливної емульсії ВПЕ. 2020. URL: <https://www.globecore.com>.
10. Найдьонов А.І. Покращення екологічних показників річкового судна засобом гомогенізації дизельного палива : автореф. дис. ... канд.

техн. наук. Ізмаїл : Видавництво Дунайського інституту НУ «ОМА», 2020. С. 17.

11. Сертифікат випробувань паливного каталізатора Fuel Well «Еко-Авто-Титан», Україна, на риболовецькому судні в Індійському океані компанією Enggsol Engineering India PVT LTD. URL: <http://enggsol.in/index.php>.
12. Семанов Г.Н. Шкідливі викиди в атмосферу від суден на шляху до стандартизації ІМО. Санкт-Петербург : Вид-во Наука і транспорт. Морський і річковий транспорт. 2013. С. 45–47.

#### REFERENCES

1. Fuel Digest Blog of global fuel consumption [Fuel Digest Bloh hlobalnoho spozhyvannia palyva]. [Electronic resource] M., 2019. URL: <https://www.deive2.ru> [in Russian].
2. Guidelines for calculating emissions of pollutants into the atmosphere (1987) [Metodychni vказivky shchodo rozrakhunku vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosferu]. Ministry of River Fleet of the RSFSR, 2–18 [in Russian].
3. Markov, V.A etc. (2016). Biofuels for internal combustion engines [Biopalyvo dlia dvyhuniv vnutrishnoho zghoriannia] M. : NDC “Engineer” (union of NGOs), 292 [in Russian].
4. Danylyan, A.G , Chymshyr, V.I, Naydyonov A.I. (2015). Prospects for the transition of river fleet vessels to water-fuel emulsion [Perspektyvy perekhodu suden richkovoho flotu na vodopalyvnu emulsiuu]. Bulletin of Odessa National University. No 2 (44), pp. 121–127 [in Russian].
5. Danylyan, A.G. (2018). Report on research work on the implementation of a fuel filter-converter manufactured by NPF LLC “Eco-Auto-Titan” to reduce harmful emissions in the gases of marine diesels [Zvit pro naukovodoslidnu robotu shchodo vprovadzhennia filtra-peretvoriuvacha palyva vyrobnytstva NPF TOV “Eko-Avto-Tytan” dlia znyzhennia shkidlyvykh vykydiv v hazakh sudnovykh dizeliv]. Danube Institute of the National University “OMA”, 22 [in Ukrainian].
6. IMO MERS Resolution. 203(62) [IMO Rezoliutsiia MERS 203 (62)]. – Adopted on 15 July 2011 (Inclusion of energy efficiency rules for ships in Annex V to the MARPOL Convention), 24 [in Ukrainian].
7. Vallejo Maldonado, P.R, Markov, V.A, Biryukov, V.V. (2016). Investigation of flammability of rapeseed oil and ethanol emulsions [Doslidzhennia zaimystosti emulsii rapsovooho masla i etanolu]. Bulletin of Moscow State Technical University. N. E. Bauman. Engineering, No 5, 109 [in Russian].
8. Lutskevich, A.M, Krestyantsev, A.B (2014). LNG use in water transport: a utopia or a wise choice? [Vykorystannia ZPH na vodnomu transporti: utopiia chy rozumnyi vybir?]. Published by FSUE “Krylov State Research Center”. Moscow, 34 [in Russian].
9. Fuel economy. Production of water diesel. Water-fuel emulsion VPE. (2020). [Ekonomiia palyva. Vyrobnytstvo vododyzelia. Vodno-palyvnoi

- emulsii VPE]. [Electronic resource]. URL: <https://www.globecore.com> [in Russian].
10. Naydyonov, A.I. (2020). Improving the environmental performance of a river vessel by means of homogenization of diesel fuel [Pokrashchennia ekolohichnykh pokaznykh richkovoho sudna zasobom homohenizatsii dyzelnoho palyva]. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Publishing house of the Danube Institute NU “OMA”, 17 [in Ukrainian].
  11. Test certificate for fuel catalyst Fuel Well “Eco-Auto-Titan”, Ukraine on a fishing vessel in the Indian Ocean [Sertyfikat vyprobuvan palyvnoho katalizatora Fuel Well “Eko-Avto-Tytan”]. Enggsol Engineering India PVT LTD, e-mail: [enggsol.in/index.php](mailto:enggsol.in/index.php)
  12. Semanov, G.N. (2013). Harmful emissions from ships on the way to IMO standardization [Shkidlyvi vykydy v atmosferu vid suden na shliakhu do standartyzatsii IMO]. St. Petersburg : Publisher Science and Transport. Sea and river transport, pp. 45–47 [in Russian].

## ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 629.5.061

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2020.2-7.09>

### ВИКОРИСТАННЯ РІЧКОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЯК ЗАСІБ БЕЗПЕЧНОГО МАНЕВРУВАННЯ СУДЕН

Д.Г. Круглий<sup>1</sup>, О.О. Дружинін<sup>2</sup>, А.В. Соколов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>д.т.н., професор кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння,  
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-0236-3449

<sup>2</sup>капітан морського порту Маріуполь, аспірант,  
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,  
ORCID ID: 0000-0001-8117-9513

<sup>3</sup>здобувач вищої освіти,  
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-3115-3854

#### **Анотація**

**Вступ.** Натепер річкові інформаційні системи стали невіддільною частиною державної системи забезпечення безпеки судноплавства. Такі системи створюються на акваторіях морських портів і на підходах до них, а також на всій протяжності внутрішніх вод. **Метою** статті є аналіз стану й перспектив розвитку річкових інформаційних систем. Визначено сучасний стан і перспективи розвитку інфраструктури внутрішніх водних шляхів, що складаються з багатьох взаємопов'язаних факторів. Більшу частину чинників об'єднує необхідність підвищення безпеки судноплавства, яка своєю чергою виділяє ряд напрямів розвитку, з-поміж яких підвищення ефективності використання інфраструктури внутрішніх водних шляхів і вдосконалення системи управління судноплавством у цілому. **Результати.** Визначено систему обробки інформації про навігаційну обстановку, що є основою ключової концепції програмного модуля системи річкової інформаційної системи. Сформована основа для створення програмної компоненти інформаційної системи судноводія. У результаті проведених досліджень виявлено значення застосування річкових інформаційних служб на українських річках для інтенсивного розвитку ринку транспортних і логістичних послуг як України в цілому, так і окремих її регіонів. У статті визначено актуальність використання цифрового коносаменту, що дасть можливість у реаліях, які склалися, відповідно до чинних обмежень, спричинених заходами щодо запобігання поширенню гострої респіраторної хвороби COVID-19, спричиненої коронавірусом SARS-CoV-2, зменшити контакт та убезпечити членів екіпажу й приймальної сторони. Створена автоматична система та її застосування на внутрішніх водних шляхах України дозволить полегшити роботу судноводія, зменшити кількість помилок. Характеризуючи обладнання, ми пропонуємо принцип такої структуризації,

яка полегшить роботу такої системи в автономному режимі. Тобто визначено концепцію сукупної структури річкової інформаційної системи, що дасть можливість безпечного проходження суден на внутрішніх водних шляхах і дозволить знизити вплив людського фактора на виконання навігаційних операцій. **Висновки.** Застосування річкової інформаційної системи спрямоване на забезпечення навігаційних операцій і підвищення ефективності вантажоперевезень завдяки постійному інформаційному контролю положення судна, місцеперебування стаціонарного й рухомого об'єктів.

**Ключові слова:** річкова інформаційна система, безпека судноплавства, функціонування інформаційної системи, внутрішні водні шляхи, автоматичні системи.

#### USE OF RIVER INFORMATION SYSTEMS AS A MEANS OF SAFE MANEUVERING OF VESSELS

D.H. Kruhlyi<sup>1</sup>, O.O. Druzhynyn<sup>2</sup>, A.V. Sokolov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Innovative Technologies and Technical Means of Navigation,

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0003-0236-3449

<sup>2</sup>Captain of the Seaport of Mariupol, Postgraduate Student,

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0001-8117-9513

<sup>3</sup>Student,

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0003-3115-3854

#### Summary

**Introduction.** Today, river information systems (RIS) have become an integral part of the state shipping safety system. These systems are created in the waters of seaports and approaches to them, as well as along the entire length of inland waters. **Purpose.** The purpose of the article is to analyze the state and prospects of development of river information systems. The current state and prospects of development of inland waterway infrastructure, which consist of many interrelated factors, are determined. Most of the factors are united by the need to improve the safety of navigation, which in turn identifies a number of areas of development, including: improving the efficiency of inland waterway infrastructure and improving the management system of navigation in general. **Results.** The system of information processing about the navigation situation is defined, which is the basis of the key concept of the software module of the river information system. The basis for creation of a software component of information system of the driver is defined. As a result of the conducted researches the value of application of river information services on the Ukrainian rivers for intensive development of the market of transport and logistic services, both of Ukraine as a whole and its separate regions is revealed. The article identifies the relevance of using a digital bill of lading, which will allow in the current realities, in accordance with the current restrictions caused by restrictive measures to prevent the spread of acute respiratory disease COVID-19 caused by coronavirus SARS-CoV-2, reduce contact and protect host members. The created automatic system and its application on the inland waterways of Ukraine will

*facilitate the work of the navigator, reduce the number of errors. Characterizing the equipment, we offer the principle of such structuring that will facilitate the operation of this system in offline mode. That is, the concept of the overall structure of the river information system is defined, which will allow the safe passage of vessels on inland waterways and will reduce the impact of the human factor on the performance of navigation operations. **Conclusions.** The use of the river information system is aimed at ensuring navigation operations and increasing the efficiency of cargo transportation through constant information control of the vessel's position, location of stationary and mobile objects.*

**Key words:** river information system, navigation safety, functioning of the information system, inland waterways, automatic systems.

**Вступ.** Сучасний стан і перспективи розвитку інфраструктури внутрішніх водних шляхів визначаються багатьма взаємопов'язаними факторами. Більшу частину чинників об'єднує необхідність підвищення безпеки судноплавства, яка своєю чергою виділяє ряд напрямів розвитку, з-поміж яких підвищення ефективності використання інфраструктури внутрішніх водних шляхів і вдосконалення системи управління судноплавством у цілому. Для розв'язання поставленого завдання важливо розглянути перспективи розвитку таких систем, їх структуру й функції.

Натепер річкові інформаційні системи (далі – РІС) стали невіддільною частиною Державної системи забезпечення безпеки судноплавства. Такі системи створюються на акваторіях морських портів і на підходах до них, а також вздовж внутрішніх вод.

Створення автоматичних систем контролю руху суден на внутрішніх водних шляхах за допомогою річкової інформаційної служби (РІС) натепер дуже важливе й актуальне завдання, яке відповідає вимогам створення систем, міжнародним товариствам Міжнародної морської організації (ІМО), Кодексам і Положенням.

**Постановка проблеми.** Процес впровадження інформаційних і комп'ютерних технологій нині необхідний, і мало того, неминучий у зв'язку з постійно зростаючим обсягом даних, що обробляються. Звичайними, традиційними способами вже неможливо витягнути всю корисну інформацію із цього потоку й використовувати її для управління. Визначальним фактором в управлінні є швидкість обробки даних та отримання необхідної інформації. Інформаційний потік все більше впливає на ефективність управління судном, успішність переходів. Великі дані (Big Data) часто створюються шляхом об'єднання безлічі джерел даних, що відповідають різним підгрупам. Кожна підгрупа може демонструвати деякі унікальні особливості, які не розділяються іншими. Коли розмір вибірки невеликий або помірний, точки даних із невеликих субпопуляцій зазвичай класифікуються як «відхилення», і їх систематично складно моделювати через недостатню кількість спостережень. Однак в епоху «Великих даних» великий розмір вибірки дозволяє нам краще зрозуміти гетерогенність, проливаючи світло на дослідження, такі як вивчення зв'язку між певними варіантами компонентів РІС.

На аварійність судна, що позиціонується, впливають організаційно-технічні компоненти системи управління станом безпечної експлуатації та адекватний

інформаційний ресурс, який спрямовується на мінімізацію ризиків під час маневрування. Тому важливою частиною дослідження є аналіз і пропозиція вдосконалення компонентів річкових інформаційних систем.

Проведений аналіз особливостей функціонування структурних елементів РІС дозволяє позначити дві основні проблеми розвитку РІС у напрямі підвищення безпеки судноплавства. Перша проблема полягає в складності забезпечення безпеки судноплавства в гирлових і річкових портах. Це насамперед пов'язано зі зростанням інтенсивності руху суден.

До основних недоліків сучасних РІС, що знаходяться під керівництвом служб річкового флоту, належать стаціонарні розміщення, «прив'язка» до берегових служб конкретного району, в ряді випадків складність застосовуваних процедур обміну інформацією, які вимагають дорогого спеціалізованого обладнання та розвиненого енергопостачання. Основні заходи з підвищення безпеки судноплавства в берегових і прибережних районах, що відрізняються інтенсивністю, спрямовані на вдосконалення технічної оснащеності РІС, що робить ці системи дорогими.

Друга проблема має ряд характерних особливостей, які не потрапляють у сферу діяльності сучасних РІС і створюють реальну проблему судноплавства: маломірний флот – яхти, малі риболовецькі судна, човни, катери й інші плавальні засоби, зосереджені в портових зонах [8]; прибережні райони промислу біоресурсів, що в ряді випадків заважають судноплавству традиційними транспортними шляхами; райони видобутку природних копалин на прибережному шельфі, в яких судноплавство характеризується підвищеним ступенем екологічного ризику; середні й дрібні портові райони з недостатньо розвинутою виробничо-господарською інфраструктурою, що не мають достатньої потужності для підтримки працездатності РІС. Розв'язання подібних проблем може бути отримано за допомогою використання локалізованих мобільних систем управління рухом суден. Такі системи не повинні мати прив'язки до конкретного району базування та повинні бути здатні забезпечити безпеку руху в будь-якому районі з інтенсивним судноплавством або стати дублювальною ланкою за умови підвищеної завантаженості основної станції РІС. Однак територіальна локальність і функціональна обмеженість не дозволяє цим системам замінити собою повноцінну станцію РІС.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розгляду питання підвищення безпеки судноплавства на основі річкових інформаційних систем присвячена велика кількість праць вчених вищих навчальних закладів і публікацій фахівців підприємств морської адміністрації України. Наприклад, у роботі І.І. Гладких [1] розглянуто використання стандартів, кодів і процедур електронного обміну даними в інформаційному забезпеченні Дунайського судноплавства шляхом впровадження систем NAVTEX, COMPRIS, INDRIS і AIC. Для підвищення безпеки управління судном рекомендовано виконати синтез спеціальної інформаційної структури зображення навігаційної ситуації [2].

У роботі Г.Б. Вільського, А.С. Мальцева, В.В. Бездольного, Є.І. Гончарова [3] викладені сучасні системи й берегові засоби забезпечення навігаційної безпеки лоцманського проведення суден. Аналіз демонструє важливість досліджень у напрямі підвищення безпеки судноплавства з використанням сучасних засобів передачі, обробки й зберігання інформації.

Автор А.В. Бояров у джерелі [4] розглянув питання моніторингу, підвищення безпеки судноплавства й ефективності управління транспортним процесом на внутрішніх водних шляхах на основі розробки систем інформаційного забезпечення диспетчерської служби. Представлений аналіз світового й вітчизняного досвіду побудови інформаційно-диспетчерських систем безпосередньо пов'язаний із корпоративними річковими інформаційними службами на внутрішніх водних шляхах.

У статті А.В. Ляшенка [5] розглянуто питання формування річкових інформаційних служб на річках України, що вони являють собою, яку роль вони мають відігравати в розбудові судноплавства на внутрішніх водних шляхах країни.

**Формулювання цілей статті.** Метою дослідження є виявлення проблем, що стоять на шляху розвитку річкових інформаційних систем у напрямі підвищення безпеки судноплавства. РІС являє собою сукупність спеціальних споруд, технічних засобів, персоналу й організаційних заходів, які своєю чергою поділяються за призначенням, особливостями й діють із метою підвищення рівня безпеки й ефективності судноплавства, охорони життя на водних шляхах, захисту водного середовища й узбережжя, берегових і шельфових споруд.

**Об'єкт дослідження:** річкові інформаційні системи.

**Предмет дослідження:** концепція побудови річкової інформаційної служби.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У складі розвиненої структури РІС знаходяться Центри РІС, в яких обробляється та аналізується інформація, що надходить, приймаються управлінські рішення та здійснюється взаємодія із суднами, а також інформаційні радіотехнічні пости, де розташовують джерела інформації, та засоби зв'язку. З боку ефективності розташування Центрів РІС визначені такі категорії, пов'язані з призначенням та особливостями району дії, а також з офіційно оголошеними межами дії [6]:

- портові, діють на акваторіях портів, що обслуговуються, та на основних шляхах підходу до них;
- прибережні, здійснюють контроль за судноплавством у внутрішніх водах і прилеглий зоні з розташованими на ній транзитними шляхами руху суден, районами промислу морепродуктів і видобутку корисних копалин на шельфі;
- регіональні, утворюються на основі об'єднання кількох портових або портових і прибережних РІС. Район дії – сукупність районів дії портових і прибережних РІС.

У Центрах РІС розміщуються технічні засоби, обладнання та персонал для обробки інформації. Обробка інформації повністю автоматизована й виконується комп'ютерами загального або спеціального призначення. У результаті обробки інформації формується картина судноплавної обстановки, яка зображується на ситуаційних дисплеях [7; 8].

Інформаційні радіотехнічні пости мають обслуговчий персонал. У деяких випадках вони дистанційно керовані. Призначення таких пунктів зводиться до забезпечення центрів РІС інформацією про навігаційну обстановку в районі певної дії. Іншими словами, за основу береться деякий простір ситуацій. Опис створених ситуацій містить стан зовнішнього середовища й внутрішній стан складної системи, за такої умови центр РІС, що характеризується рядом параметрів.

Ситуації утворюють деякі узагальнені стани, а дії Центрів РІС або зміни в зовнішньому середовищі приводять до зміни актуалізованих у момент часу станів. Серед узагальнених станів особливе значення має початковий стан і кінцевий, тобто цільові стани [9].

Керувальними ланками є оператори, які аналізують судноплавну обстановку, оцінюють і прогнозують її розвиток. Оператори РІС за допомогою радіозв'язку передають для суден інформацію, попередження, рекомендації та вказівки, що забезпечують безпечно й ефективно судноплавство в районі дії з офіційно оголошеними межами [10; 11].

У результаті проведених досліджень запропоновано концепцію з використання системи підтримки рішення судноводія під час проходження річкових вод. Це дозволить зменшити навантаження на судноводія та повністю перейти на автоматичну систему управління. Визначена система обробки інформації поточного стану навігаційної обстановки, яка лягла в основу створення концепції та програмних модулів системи. Розвинений загальноприйнятий підхід до створення програмної компоненти складної технічної системи інформаційної підтримки судноводія. Досліджено перспективи впровадження річкових інформаційних служб на українських частинах річок для вдосконалення ринку транспортно-логістичних послуг регіону.

Для досягнення поставленої задачі є потреба врахувати характеристики обладнання, систему їх об'єднання в цілісну структуру для визначення можливості роботи системи в автономному режимі.

На обраній моделі з метою усереднення та зменшення помилок у даних, що вказують на місце, де знаходиться судно, є можливість визначення концепції структури річкової інформаційної системи.

Стає зрозумілим, що найважливіша роль відведена питанню зв'язків і комунікацій.

Отже, це характеристика щодо питання підтримки визначення координат метеорологічних станцій, що діють автоматично й мають пункти регулювання та контролю, подання інформаційних даних кожній зацікавленій стороні за допомогою наявних каналів зв'язку.

Проведена робота під час досліджень показала, що для того, щоб започаткувати диференціальну підсистему, яка забезпечувала б сприятливе радіонавігаційне поле на територіях водних річкових систем, із боку економіки найбільш виправданим є застосування локальних диференціальних підсистем (далі – ЛДПС).

Проведена робота довела: щоб створити диференціальні підсистеми, які б забезпечили досить високоточні радіонавігаційні поля на водному шляху, з економічного боку найвигіднішим було б експлуатування локальної, диференціальної підсистеми, що базувалася б на контрольній станції, яка вносить поправки в діапазон частоти морської радіомаякової служби на загальноприйнятих частотах, а саме від 283,5 до 325 кГц.

Важливою специфікою вибору найкращого варіанту топології такого поля є вивчення функціональної сталості радіоканалів контрольних станцій.

У такому випадку вивчено проблематику робочої стійкості характеристик радіоканалів контрольних станцій. Робоча стійкість річкових інформаційних

систем – це можливість підтримки основних експлуатаційних характеристик у поданих параметрах у разі варіантів непередбачених параметрів, що показують сигнали й визначають перешкоди.

Парадигма оцінки робочої витримки під час впливу перешкод є основою вірогідності похибки елементного цифрового сповіщення сигналів.

Методологія оцінки функціональної стійкості під час дії взаємних перешкод базується на дослідженні вірогідності помилки поелементного прийому цифрового сигналу. У разі некогерентного прийому фазоманіпульованих (далі – ФМ) сигналів і взаємних перешкод, для випадку незавмираючого сигналу, що завмирає згідно із законом Релея, перешкода, вірогідність помилки поелементного прийому цифрового повідомлення визначатиметься вираженням [5]:

$$p = 0.5 \exp - h \frac{1}{(2 + h_p^2 g_0^2)}$$

де  $h^2$ ,  $h_p^2$  – енергетика сигналу й  $k$ -ої перешкоди відповідно;  $g_p^2$  – нормований коефіцієнт взаємної відмінності (далі – КВВ) сигналу й перешкоди в частотно-тимчасовій області.

У загальному випадку повна вірогідність помилок поелементного прийому дискретних сигналів визначається співвідношенням:

$$p = F(Q, Q_n, Q_{сп}),$$

де  $Q$ ,  $Q_n$  – безліч варійованих параметрів сигналу й перешкод;  $Q_{сп}$  – безліч КВВ сигналів і перешкод у частотно-тимчасовій області.

Для отримання кількісної міри функціональної стійкості системи скористаємося загальними методами теорії чутливості [7]. Розкладемо функціональні залежності у формулі в ряд Тейлора й врахуємо тільки члени з похідними першого порядку. Тоді приріст вірогідності помилки буде рівний:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^n \frac{dp}{dq_i} \Delta q_i + \sum_{i=1}^m \frac{dp}{dq_{ni}} \Delta q_{ni} + \sum_{i=1}^k \frac{dp}{dg_i^2} \Delta g_i^2.$$

Відносний приріст помилки визначатиметься вираженням:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^n \frac{dp}{dq_i} \Delta q_i + \sum_{i=1}^m \frac{dp}{dq_{ni}} \Delta q_{ni} + \sum_{i=1}^k \frac{dp}{dg_i^2} \Delta g_i^2,$$

де  $n$ ,  $m$  – число варійованих параметрів сигналу й перешкоди відповідно;  $k$  – число варійованих параметрів КВВ сигналу й перешкоди;  $S_{q_i}$  – множина коефіцієнтів відносної чутливості, визначуваних вираженням:

$$S_1 \approx \frac{\frac{\Delta p}{p}}{\frac{\Delta q}{q}}, I \in \{n + m + k\}.$$

Відносний приріст вірогідності помилки й визначає кількісне вираження чутливості характеристики завадостійкості. Вираз встановлює зв'язок між функціональною стійкістю інформаційних систем і чутливістю їхніх характеристик завадостійкості. Отже, коефіцієнти відносної чутливості  $S$  можна розглядати як кількісну міру функціональної стійкості інформаційних систем.

Водночас коефіцієнти відносної чутливості виду:

$$S_{q_i} = \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta q_i}{q}, i = 1, 2, \dots, n; S_{q_{ni}} = \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta q_{ni}}{q_{ni}}, i = 1, 2, \dots, m$$

визначають кількісну оцінку варіаційно-параметричної стійкості інформаційної системи, а коефіцієнти:

$$S_{g_i} = \frac{\frac{\Delta p}{p}}{\frac{\Delta g_i^2}{g^2}}, i = 1, 2, \dots, k -$$

варіаційно-функціональної.

За наявності взаємних перешкод від сусідніх ККС параметрів, що визначають варіаційно-параметричну стійкість підсистеми й варійовані з метою оптимізації топології поля ДП, існує енергетика сигналу, залежна від потужності передавача, й енергетика похибок, залежна від розташування джерела перешкоди й потужності її передавача. Тоді  $p$  і  $t$  у вираженні дорівнюють одиниці.

КВВ у формулі визначатиметься вираженням [8]:

$$g = \frac{h_n^2}{h^2} \left[ \frac{\sin(0,5T)}{0,5T} \right]^2 = \frac{h_n^2}{h^2} g_0^2,$$

де  $\Omega$  — розлад частоти сигналу, що несуть перешкоди.

Тоді  $k$  у виразі також дорівнюватиме одиниці, тобто єдиним варійованим параметром буде  $\Omega$ .

У результаті розгляду функціональної стійкості характеристики дальності контрольних станцій отримаємо такі дані. Найбільшу відстань дії контрольної станції  $R_{max}$  у напрямі азимуту визначимо у співвідношенні:

$$R_{max} = arg \left\{ P_{out} (h^2, h_n^2, g_0^2) = p_{reg} \right\}, \quad (1)$$

де  $p_{reg}$  — необхідна імовірність похибки елементного надходження повідомлення.

Для випадку «незавмираючий сигнал – перешкода», що завмирає за релеєвським законом, залежність  $R_{max}$  від  $p_{reg}$  у разі некогерентного прийому ФМ сигналів може бути отримана в зрозумілому виді. Енергетика сигналу або взаємної перешкоди визначається вираженням:

$$h^2 = \frac{PT}{v^2},$$

де  $P$  – потужність сигналу або взаємної перешкоди на вході приймача, Вт;  $T$  – тривалість посліжки елементу сигналу, з;  $v^2$  – спектральна щільність флюктуаційного шуму, Вт-с.

Потужність в точці прийому визначається виразом:

$$P = \frac{E^2 l_d^2}{\dot{A}},$$

де  $E$  – напруженість поля в точці прийому, В/м;  $l_d$  – висота антени, яка діє, м;  $\rho$  – вихідний опір, Ом.

Напруженість поля визначається формулою:

$$|E(R)| = -\frac{\sqrt[0,3]{P_{nep}}}{R} W(R) [B / M],$$

де  $P_{nep}$  – потужність передавача, кВт;  $w(R)$  – функція послаблення підстилаючої поверхні;  $R$  – відстань від джерела сигналу або перешкоди до точки прийому, км.

Серед індустріальних перешкод найбільшу дію на радіоканали ККС середньохвильового діапазону частот чинять імпульсні перешкоди від коронного розряду ліній електропередачі (далі – ЛЕП) і перешкоди від контактної мережі електро-транспортів. У смузі частот, виділених ЛДПС, спектральна щільність цих перешкод практично постійна, і їх можна розглядати як білий шум гауса. Тоді для енергетики сигналу отримаємо:

$$h^2(r) = \frac{PT}{v_n^2(r) + v^2},$$

де  $r$  – відстань від джерела індустріальної перешкоди, м;  $v_n^2$  – потужності індустріальної перешкоди.

$$p_{reg} = 0.5 \exp \left[ -B \frac{P_{nep}}{R_{max}^2 [v^2 + v_n^2(r)]} w(R)^2 \frac{1}{(2 + h_n^2 g_0^2)} \right],$$

$$B = \frac{0,09 l_d T}{\dot{A}}.$$

Оскільки для більшості вологих ґрунтів функція послаблення  $w$  на відстанях близько 100-200 км близька до одиниці, то під час аналізу функціональної стійкості її зміною можна нехтувати. Тоді вираження остаточно набере вигляду:

$$p_{reg} = 0.5 \exp \left[ -B \frac{P_{nep}}{R_{max}^2 [v^2 + v_n^2(r)]} \frac{1}{(2 + h_n^2 g_0^2)} \right].$$

Тепер залежність  $R_{max}$  від  $p_{reg}$  може бути виражена в такому вигляді:

$$R_{\max(\kappa M)} = \left[ \frac{BP_{nep}}{\ln(2p_{reg})} \frac{1}{[v^2 + v_n^2(r)] (2 + h_n^2 g_0^2)} \right].$$

У такому випадку варіаційно-параметрична стійкість  $R_{max}$  залежатиме від варіації параметрів  $P_{nep}$ ,  $v_{n(r)}$  і  $h^2$ , а варіаційно-функціональна – від варіації  $g_0^2$ . Кількісно-функціональна стійкість визначатиметься коефіцієнтами відносної чутливості такого виду:

$$S_{P_{nep}} = \frac{\partial R_{max}}{\partial P_{nep}} \frac{P_{nep}}{R_{\max(\kappa M)}} = 0,5 \frac{C_0}{R_{\max(\kappa M)}} [v^2 + v_n^2(r)]^{-1/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{-1/2}$$

$$S_{P_n} = \frac{\partial R_{max}}{\partial h_n^2} \frac{h_n^2}{R_{\max(\kappa M)}} = 0,5 \frac{C_0 h_n^2 g_0^2}{R_{\max(\kappa M)}} (v^2 + v_n^2(r))^{-1/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{3/2}$$

$$S_v = \frac{\partial R_{max}}{\partial v_n^2(r)} \frac{v_n^2(r)}{R_{\max(\kappa M)}} = -0,5 \frac{C_0 v_n^2(r)}{R_{\max(\kappa M)}} (v^2 + v_n^2(r))^{-3/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{-1/2}$$

$$S_g = \frac{\partial R_{max}}{\partial g_0^2} \frac{g_0^2}{R_{\max(\kappa M)}} = -0,5 \frac{C_0 h_n^2 g_0^2}{R_{\max(\kappa M)}} (v^2 + v_n^2(r))^{-1/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{-3/2}$$

$$C_0 = C_0 = \left| \frac{BP_{nep}}{\ln(2p_{reg})} \right|.$$

Проаналізувавши варіантно-параметральну витримку радіолокаторів контрольних станцій у будь-якій із визначених зон відповідності способом дослідження чутливості зони дії контрольних систем до варіантів відповідного параметру зустрічної та індустріальної перешкоди, отримуємо такі визначення.

Припустимо, що, якщо потужність всіх передавачів складає 400 Вт і зміні варіантів не підлягає, то:

– необхідна вірогідність похибки елементного отримання повідомлення  $p_{reg}$  складає  $10^{-4}$ ;

– тривалість шляху сигналу до його отримання адресатом  $T = 0,01$  с;

– щільність білого шуму  $v^2 = 10^{-10}$  Вт.

Підставляючи вирази у формулу, отримуємо:

$$S_{h_n} = \frac{\partial R_{max}}{\partial h_n} \frac{h_n}{R_{\max(\kappa M)}} = -0,5 \frac{h_n g_0^2}{2 + h_n^2 g_0^2}. \quad (2)$$

Виразом 2 описується і коефіцієнт  $S_g$ .

Тобто, матимемо:

$$S_v = -0,5 \frac{v_n^2}{v^2 + v_n^2}.$$

Зробимо висновки, що коефіцієнт відносної чутливості  $S_{hp}$  визначається завдяки варіюванню енергетичної взаємної перешкоди в разі різних визначених контрольних значень нормованого комплексу вимірювального роторного, а коефіцієнт  $S_g$  – шляхом зміни нормованого КВВ у разі різних визначених значень енергетики перешкоди.

А коефіцієнт  $S_v$  розраховується в разі визначення спектральної щільності потужності індустріальної перешкоди.

В основу концепції такої модернізації, як системоутворювальний компонент, вкладена ідея єдиного інформаційного простору, що відповідає сучасним тенденціям оперативного управління динамічними системами в турбулентному, зовнішньому оточенні. Основне призначення запропонованої модернізації полягає в забезпеченні безпеки, зниженні ризиків, пов'язаних із безпекою, а також за необхідності ліквідації наслідків порушення безпеки судноплавства на основі оперативної та певної інформації про місце знаходження судна і його технічні можливості.

**Висновки й перспективи подальших досліджень у напрямі.** На підставі проведеного аналізу проблеми можливо сформулювати важливий висновок. Проблем вдосконалення РІС досить багато, але виділені об'єднує те, що в умовах модернізації інфраструктури річкової галузі необхідно принципово змінити підходи до розв'язання актуальних завдань покращення використання РІС.

У результаті досліджень визначено параметри обладнання та принцип їх взаємодії в одній структурі річкової інформаційної системи для роботи в режимі автономії. Зроблено визначення концепції побудови річкової інформаційної служби на основах параметрів моделі середніх значень і зменшень помилок під час процесу визначення місця знаходження суден.

Експлуатація такої річкової інформаційної системи на внутрішніх водних шляхах шляхом вдосконалення подальших запропонованих розробок з уточнювальними параметрами дасть можливість знизити вплив людського чинника й зменшити варіативність помилок в управлінні судном, підвищить безпеку руху судна та його експлуатацію, що запропонує збільшення економічних показників суднової транспортної галузі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гладких И.И. Разработка стандарта электронного обмена информацией для судов на внутренних водных путях Украины. *Сборник научных трудов ОНМА: Судовождение*. 2006. Вып. 11. С. 42–51. URL: [http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv\\_ru#issues](http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv_ru#issues) (дата звернення: 01.12.2020).
2. Миусов С.М. Синтез и отображение информационной структуры текущей навигационной ситуации. *Сборник научных трудов ОНМА: Судовождение*. 2006. Вып. 11. С. 87–91. URL: [http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv\\_ru#issues](http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv_ru#issues) (дата звернення: 03.12.2020).
3. Вильский Г.Б., Мальцев А.С., Бездольный В.В., Гончаров Е.И. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов : журнал лоцманской проводки. Одесса-Николаев : Фенікс, 2007. 456 с.

4. Бояров А.В. Исследование информационного обеспечения систем диспетчерской службы речных автоматизированных систем управления движением судов : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.06. Санкт-Петербург : СПГУВК, 2005. 195 с.
5. Ляшенко А.В. РИС в помощь судоходству на Днестре. *Порты Украины*. 2012. Вып. 5 (117). С.64–66.
6. Транспортна стратегія України на період 2020 року // Міністерство інфраструктури України. Київ, 2011. 64 с. URL: [https://mtu.gov.ua/files/transport\\_strategy\\_ua.pdf](https://mtu.gov.ua/files/transport_strategy_ua.pdf). (дата звернення: 24.11.2020).
7. Шевченко М.А. Maersk: логистическое решение «под ключ». *Порты Украины*. 2019. Вып. 6 (188). С. 36–37.
8. Котлубай А.М. Проблемы теории и практики развития морского транспорта Украины. Одесса : ИПРиЭЭИ НАН Украины, 2011. 268 с.
9. Sotnichenko L., Solokha D., Bessonova S. Justification of business entities development based on innovate principles. *Academy of Strategic Management Journal*. 2018. Volume 17. Issue 5. URL: <https://www.abacademies.org/articles/justification-of-business-entities-development-based-on-innovative-principles-7553.html>.
10. Колегаев І.М. Принципи конкурентного розвитку спеціалізованого судноплавства глобальної морської індустрії : монографія. Одеса : Вид-во НУ «ОМА», 2017. 332 с.
11. Danube region strategy. Mobility waterways. URL: <http://www.danube-navigation.eu> (дата звернення: 15.11.2020).

#### REFERENCES

1. Hladkykh Y.Y. (2006). Development of a standard for electronic exchange of information for ships on the inland waterways of Ukraine [Razrabotka standartov elektronnoho obmena informatsiei dlia sudov na vnutrennikh vodnykh putiakh Ukrainy], *Collection of scientific works ONMA : Navigation, 11*, 42–51. Retrieved from [http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv\\_ru#issues](http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv_ru#issues) [in Russian].
2. Myusov S.M. (2006). Synthesis and display of the information structure of the current navigation situation [Sintez i otobrazhenie informatcionnoi struktury tekushchei navigatsionnoi situatsii] *Collection of scientific works ONMA: Navigation, 11*, 87–91. Retrieved from [http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv\\_ru#issues](http://mail.onma.edu.ua/index.php?nauka-sv_ru#issues). [in Russian].
3. Vilsky G.B., Maltsev A.S., Bezdolny V.V. & Goncharov E.I. (2007). Navigational safety in pilotage of ships. [Navigatsionnaia bezopasnost pri lotemanskoj provodke sudov]. *Journal of pilotage*. Odessa-Nikolaev : Fenix. 456 p. [in Russian].
4. Boyarov A.V. (2005). *Research of information support of dispatching service systems of river automated ship traffic control systems* (Doctoral dissertation) [Issledovanie informatcionnogo obespecheniia sistem dispetcherskoj sluzhby rechnykh avtomatizirovannykh sistem upravleniia dvizheniem sudov]. Petersburg, 195 p. [in Russian].

5. Lyashenko A.V. (2012). RIS to help navigation on the Dnieper [RIS pomoshch sudokhodstvu na Dnepre]. *Ports of Ukraine. Issue. 5*, (117), 64–66. [in Russian].
6. Transportna stratehiya Ukrayiny na period 2020 roku [Ukraine’s transport strategy for the period 2020] (2011). Kyiv : Ministerstvo infrastruktury Ukrayiny, 64 [in Ukrainian].
7. Shevchenko M. (2019). Maersk: Turnkey Logistics Solution. [Maersk: logisticheskoe reshenie “pod kliuch”]. *Ports of Ukraine. Issue. 6*, (188), 36-37. [in Russian].
8. Kotlubay A.M. (2011). Problems of theory and practice of development of sea transport in Ukraine [Problemy teorii i praktiki razvitiia morskogo transporta Ukrainy]. *Odessa: IPRIEI NAS of Ukraine*, 268 p. [in Russian]
9. Sotnichenko, L. Solokha, D. & Bessonova, S. (2018). Justification of business entities development based on innovate principles. *Academy of Strategic Management Journal*, 17 (5). Received from <https://www.abacademies.org/articles/justification-of-business-entities-development-based-on-innovative-principles-7553.html>.
10. Kolegaev I.M. (2017). Principles of competitive development of special shipbuilding of the global maritime industry [Printcipi konkurentnogo rozvitku spetsializovanogo sudnoplavstva globalnoï morskoiï industriï]. *Monograph*. Odessa : View of NU “OMA”, 332 p. [in Russian].
11. Danube region strategy. Mobility waterways [electronic resource]. Retrieved from <http://www.danube-navigation.eu>.

**ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЙ ОПЕРАТОРІВ  
ОФШОРНОГО СУДНА ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ  
ЛАЗЕРНО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОПОРНОГО  
ПОЗИЦІОНУВАННЯ**

**В.С. Мойсеєнко**

викладач кафедри управління судном,  
Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-1635-3375

**Анотація**

**Вступ.** Сучасні тренди офшорної індустрії максимально сконцентровані на постійному підвищенні контролю небезпечних ситуацій, які можуть виникнути під час будь-яких операцій, та зведення аварійності, наслідків аварій до мінімуму у разі їх виникнення. За минулі 15 років вдалося значно зменшити аварійність на суднах офшорного типу за допомогою постійного вдосконалення системи динамічного позиціонування (ДП), яка дозволила в автоматичному режимі утримувати судно в заданій точці протягом довгого часу, та здійснювати різні типи операцій на критично малій відстані до небезпечних нафтогазових комплексів, розташованих у відкритому морі. Точність утримання позиції офшорного судна досягається за допомогою глобальних та локальних систем опорного позиціонування відносно рухомих та нерухомих об'єктів. Статистичні дані за 2020 рік показали, що найбільш привабливою за відношенням «ціна-якість» є локальна система опорного позиціонування, яка працює на лазерно-оптичному принципі, але користування такою системою також не гарантує безаварійності, вчасності, якщо оператор ДП судна не має великого досвіду використання таких систем та не знає, звідки та за яких умов може виникнути небезпека втрати позиції та зіткнення з об'єктом позиціонування. За період між 2010 та 2020 роком 32% аварій та небезпечних ситуацій відбулося саме через помилки операторів під час роботи з лазерно-оптичною системою опорного позиціонування (ЛОСОП). **Мета.** Метою дослідження є виявлення небезпечних дій управління екіпажу офшорного судна, які можуть привести до аварійної ситуації під час використання лазерно-оптичної системи опорного позиціонування, за допомогою сучасного методу теоретичного аналізу системних процесів (ТАСП). **Результати.** У роботі запропоновано метод аналізу безпеки використання ЛОСОП, що працює на принципі відбиття лазерного проміння від рефлектора. За допомогою ТАСП було проведено оцінку структури організації управління, змодельоване функціональну структуру управління системою, виявлені вимоги й обмеження безпеки на системному рівні, розглянуто причинні сценарії для детального визначення небезпечних дій, проведено аналіз виявлених небезпечних дій. **Висновки.** Особливість запропонованого методу ТАСП полягає в тому, що, на відміну від традиційних методів, ТАСП розглядає безпеку як проблему управління, а не проблему відмови компонентів,

ведеться ідентифікування та усунення не лише збоїв компонентів, які можуть призвести до небезпеки, але й недоліків у дизайні системи, які є чинними методами на основі відмов. Також ТАСП включає в аналіз як людських операторів системи, так і програмні компоненти, як звертаючись змістовно, так і надаючи більше значення їхній поведінці щодо електромеханічних компонентів системи.

**Ключові слова:** лазерно-оптична система опорного позиціонування, теоретичний аналіз системних процесів, позиціонування, оператор, судно.

### DETERMINATION OF DANGEROUS ACTIONS OF OFFSHORE VESSEL OPERATORS DURING USE OF LASER-OPTICAL POSITIONING REFERENCE SYSTEM

V.S. Moiseienko

Lecturer at the Department of Ship Handling,  
Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-1635-3375

#### **Summary**

**Introduction.** Current trends in the offshore industry are focused as much as possible on constantly improving the control of dangerous situations that may arise during any operations and reducing accidents and the consequences of accidents to a minimum in case of their occurrence. Over the past 15 years, it has been possible to significantly reduce accidents on offshore vessels by continuously improving the Dynamic Positioning system (DP), which made it possible to automatically hold the vessel at a given position for a long time, and perform various types of operations at a critically short distance to dangerous oil and gas complexes located on the high seas. The accuracy of maintaining the position of an offshore vessel is achieved using global and local reference positioning systems, relative to moving and stationary objects. Statistics for 2020 showed that the most attractive in terms of "price-quality" is the local reference positioning system, which works on the laser-optical principle, but the use of such a system also does not guarantee trouble-free, timely, if the operator of the ship's DP does not have much experience in using such systems and does not know where and under what conditions there may be a risk of loss position, and collision with the object of positioning. Between 2010 and 2020, 32% of accidents and dangerous situations occurred precisely because of operator errors when working with the laser-optical positioning reference system (LOPRS). **Purpose.** The purpose of the study is to identify dangerous actions of the crew of an offshore vessel that can lead to an emergency situation when using a laser-optical reference positioning system, using a modern method of theoretical analysis of system processes (TASP). **Results.** The paper proposes a method for analyzing the safety of using LOPRS, which works on the principle of reflection of laser beam from a reflector. With the help of TASP, the structure of the management organization was evaluated, the functional structure of the system management was modeled, safety requirements and restrictions were identified at the system level, causal scenarios for detailed determination of dangerous actions were considered, and the identified dangerous actions were analyzed. **Conclusions.** The peculiarity of the proposed TASP method is that, unlike traditional methods, TASP considers security as a management problem, and not a problem of component failure. TASP also includes both human system operators and gram

*components in the analysis, addressing both content and providing more information about their behavior relative to the electromechanical components of the system.*

**Key words:** *laser-optical positioning reference system, theoretical analysis of system processes, positioning, operator, vessel.*

**Вступ.** Лазерно-оптична системи опорного позиціонування є одною з найдоступніших систем опорного позиціонування, яка використовується на суднах динамічного позиціонування і відповідає вимогам International Marine Organization та The International Marine Contractors Association (IMCA) для використання на суднах [1, 2]. Ціноутворення, практичність та можливість обслуговування без значних витрат зробили цю систему однією з найчастіше встановлюваних на судна динамічного позиціонування. Нині таку систему можна зустріти на різних типах суден: пасажирських, транспортно-буксирних, науково-дослідних, інженерно-геологічних, аварійно-рятувальних, спеціалізованих водолазних, трубоукладальних, плавучих нафтосховищах (судна типу FSO, FPSO), танкерах [3; 4].

Правильне застосування лазерно-оптичної системи опорного позиціонування (ЛОСОП) відіграє дуже велику роль у безпечному виконанні поставлених завдань, запланованих маневрів і можливості утримувати судно в заданій позиції відносно рухомих та нерухомих об'єктів [5; 6]. Використання такої системи є нелегким завданням для операторів та потребує багато знань, досвіду і постійного контролю параметрів цієї системи. Але все це не гарантує безаварійності, вчасності, якщо оператор ДП судна не має великого досвіду використання таких систем та не знає, звідки та за яких умов може виникнути небезпека втрати позиції та зіткнення з об'єктом позиціонування [7].

**Постановка проблеми.** Більшість традиційних методів аналізу безпеки лазерно-оптичних систем опорного позиціонування засновані на теорії надійності, яка використовується компаніями для аналізу власних лазерно-оптичних систем опорного позиціонування. Такі методи були засновані багато років тому для вирішення проблем системи, яка включала мало програмного забезпечення, та були набагато простішими за системи, що розробляються та використовуються сьогодні. Компанії спробували інтегрувати аналіз програмного забезпечення у традиційний метод аналізу, однак основні припущення, що складають основу цих методів, не відповідають вимогам сучасних технологій, не вдається визначити причини багатьох аварій. Як результат, традиційні методи не можуть визначити та вирішити всі проблеми безпеки, які необхідні для безпечної роботи системи [8].

Теоретичний аналіз системних процесів (ТАСП) – це новий метод аналізу безпеки, заснований не на теорії надійності, а на теорії систем. ТАСП був прийнятий за основу визначення контролю небезпечних дій між операторами судна та ЛОСОП [9, 10].

Теоретичний аналіз системних процесів відрізняється від традиційних методів аналізу безпеки тим, що розглядає безпеку як проблему управління, а не проблему відмови компонентів. Через цю значно ширшу сферу застосування ТАСП виявляє та усуває не лише збої компонентів, які можуть призвести до небезпеки, але й недоліки в дизайні системи, які є чинними методами на основі відмов. Також ТАСП включає в аналіз людських операторів [11] та програмні компоненти, звертаючись до них як змістовно, так і надаючи більше значення їхній поведінці щодо електромеханічних компонентів системи [12].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми, показав, що для досягнення поставлених цілей потрібно зібрати дані про інциденти, які виникли через різні причини під час використання ДП системи. Для збору даних про інциденти морська організація ІМСА запровадила систему звітності, яку оператори судна повинні надіслати для того, щоб комісія зі спеціалістів могла детально розібратися, що саме було зроблено не так і де оператори допустили помилку, яка спричинила аварію або небезпеку [13]. Далі комісія опубліковує офіційне заключення на веб-сайті для подальшого ознайомлення усіх членів організації ІМСА. Зробивши аналіз за період 2007–2015 рр., бачимо, що офіційно в ІМСА було зареєстровано 619 ДП інцидентів, з яких 181 відбулося саме через помилки ДП операторів за використання систем опорного позиціонування, в які входить ЛОСОП, а саме 29,24% від загальної кількості інцидентів [14; 15].

Важливим аспектом системи ДП є людський фактор. Немає різниці, наскільки сучасна та модернізована лазерно-оптична система опорного позиціонування, завжди слід очікувати непередбачувані ситуації, коли реакція людини необхідна, щоб уникнути аварійної ситуації. Неправильні та необдумані дії людини можуть також вивести з ладу функціональну ЛОСОП. Система аналізу та класифікації людських факторів застосовується для виявлення людських причин аварії та інцидентів [16]. Небезпечні дії діляться на: помилки засновані на навичках, помилки, засновані на правилах, помилки, засновані на знаннях, та приховані помилки, які можуть призвести до небезпечних дій. Передумовами для небезпечних вчинків є основні помилки на рівні оператора, які можуть призвести до небезпечних дій, вони можуть бути поділені на неефективне управління ресурсами екіпажу і несприятливий психічний стан [17; 18].

Для покращення безпеки виконання ДП операцій під час використання ЛОСОП на операторів судна покладається належне планування маневрів [19] та контроль запланованих цілей. Цього можна досягти за допомогою оперативного планування діяльності, яке включає три різних елементи; режим критичної активності, режим відповідної задачі та робочі інструкції для конкретних дій [20].

**Формулювання цілей статті.** Застосування теоретичного аналізу системних процесів для розгляду безпеки під час використання ЛОСОП, яка передбачає небезпечний контроль та порушення обмежень щодо безпеки системи. Для цього ТАСП починається з оцінки структури організації управління, в якій працює система, а потім моделюємо функціональну структуру управління системою, показуючи розташування циклів управління зворотним зв'язком у системі. Потім ці контури управління зі зворотним зв'язком піддаються ретельному аналізу з метою виявлення контрольних дій, які призводять до небезпеки, якщо вони не передбачені в певних умовах, якщо вони надаються за певних умов, якщо надаються з неправильною синхронізацією або в неправильному порядку, які є небезпечними, якщо зупинені занадто рано або передбачені занадто пізно. Аналізуючи виявлені небезпечні контрольні дії, виявляються вимоги й обмеження безпеки на системному рівні, а також розглянуто причинні сценарії, які можуть привести до виникнення цих контрольних дій, щоб більш детально визначити, як саме може відбуватися кожна небезпечна контрольна дія.

**Виклад основного матеріалу.** Для демонстрації результатів роботи теоретичного аналізу системних процесів, умов безпечного використання лазерно-оптичної системи опорного позиціонування та переваг, які впливають із використання цього нового методу аналізу безпеки порівняно з іншими традиційними методами, ТАСП був використаний для аналізу офшорних суден, які використовують ЛОСОП для виконання ДП операцій. Результати показали, що теоретичний аналіз системних процесів виявив усі відмови компонентів у результаті незалежного аналізу безпеки системи. Також, аналіз показує, що ТАСП виявляє безліч додаткових проблем безпеки, які не були ідентифіковані.

Спочатку ТАСП починає виявляти аварії, яким необхідно запобігти, та небезпечні системи, які можуть призвести до нещасних випадків. ТАСП визначає нещасний випадок як небажану та несподівану подію, яка може призвести до майнових збитків, фінансових збитків, забруднення навколишнього середовища, втрати чартера, травмування людини або людські жертви тощо. Було визначено три відповідних типи аварій:

- зіткнення декількох суден;
- зіткнення судна із зовнішнім об'єктом (статичним або динамічним);
- посадка судна на мілину (робота на мілководді або поблизу берега).

Теоретичний аналіз системних процесів визначає небезпеку як стан системи або сукупність умов, які разом призведуть до аварії через втрату ЛОСОП. У таблиці 1 визначаємо небезпеки, які можуть бути застосовані і які можуть призвести до раніше визначених аварій. Таблиця 1 ілюструє небезпеки, визначення та обмеження безпеки.

Таблиця 1

**Небезпеки, визначення та отримані обмеження безпеки**

Небезпека	Визначення	Обмеження безпеки
Втрата мінімальної відстані.	Втрата мінімальної визначеної відстані судна що контактує з іншим твердим тілом / об'єктом (таким як місцевість, зовнішня споруда чи інше судно). Вона також визначається як порушення поточної безпечної робочої ЛОСОП.	Судно не повинно порушувати мінімальну відстань.
Втрата мінімальної відстані від місцевості.		Судно не повинно порушувати мінімальної відстані від навколишньої місцевості (берега або мілини).
Втрата мінімальної відстані з зовнішньою структурою.		Судно не повинно порушувати мінімальної відстані із зовнішньою структурою.
Втрата мінімальної відстані з іншим судном.		Судно не повинно порушувати мінімальної відстані з іншим судном.
Втрата контролю над судном.	Втрата контролю над судном визначається як нездатність оператора судна управляти або судно реагує способом, непередбачено операторам. Втрата контролю може бути відновлена, неусувна, виявлена та/або не виявлена.	Оператор не повинен втрачати контроль над судном.

Функціональна структура управління.

Рис. 1 фокусується на компонентах офшорного судна в організаційній структурі управління і показує структуру управління системою.



Рис. 1. Структура управління офшорного судна

Структура управління показує зв'язок між основними компонентами в системі судна. ДП-оператори, відповідальні за маневрування судном, керування системою ДП, контроль навколишнього середовища та спілкування з цільовим судном під час операції. Для виконання цих завдань кожен із операторів має поточний стан керованого процесу системи ДП, судна та середовища місії. Залежно від режиму роботи ДП-оператори можуть керувати судном вручну, безпосередньо тунельними рушіями, рулями, гвинтами та основними двигунами судна. Керування судном ДП оператори також можуть здійснювати шляхом використання ДП-системи, даючи команди для маневрування через інтерфейс, вибираючи різні режими автоматичного позиціонування судна за допомогою ЛОСОП. Таким чином, ДП-система надає команди управління підсистемам управління судна і має власну модель судна та цільового судна.

Визначення небезпечних дій управління між операторами та ЛОСОП.

На рис. 2 показано структуру управління між операторами та ЛОСОП. У таблиці 2 наведено небезпечні дії управління та подальші обмеження безпеки, що генеруються між операторами та ЛОСОП.

Кожна виявлена небезпечна дія має простежувані вимоги безпеки, обмеження, які можуть бути включені для пом'якшення виявленої небезпеки. Вимоги безпеки, обмеження пов'язані з трьома небезпечними діями, наведеними в таблиці 2.

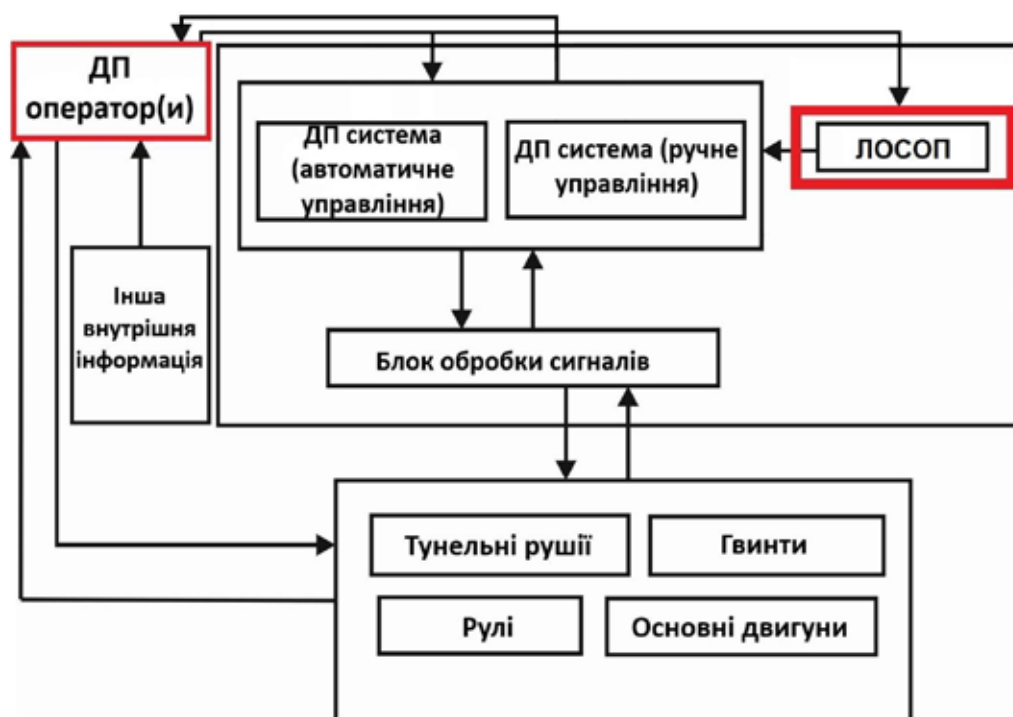


Рис. 2. Структура управління між операторами та ЛОСОП

Таблиця 2

**Небезпеки та отримані обмеження безпеки**

Контрольна дія	Не передбачає небезпеку	Передбачає небезпеку	Неправильний порядок
Увімкнуті ЛОСОП	Не застосовується	Сценарій 1: Оператор вмикає ЛОСОП для використання в ДП операціях із встановленими неправильними параметрами ЛОСОП. Сценарій 2: Оператор вмикає ЛОСОП без відключення живлення та перезапуску програмного забезпечення ЛОСОП після того, як прилад занадто довго перебуває в режимі призупинення.	Не застосовується
Вимкнуті ЛОСОП	Сценарій 3: Оператор не вмикає ЛОСОП і не приймає ручне управління, коли ЛОСОП виходить з ладу.	Сценарій 4: Оператор вимикає з автоматичного відстеження рефлектор(и) ЛОСОП під час ДП операцій.	Сценарій 5: Оператор вимикає ЛОСОП перед переходом на ручне управління.

Причинні сценарії та пов'язані з ними вимоги до повного переліку небезпечних дій наведені нижче.

Сценарій 1: Оператор вважає, що поздовжні зсуви, кут нахилу та азимутальний кут сенсора ЛОСОП налаштовані правильно, коли насправді один або всі ці параметри є неправильні. Неправильна модель процесу може бути результатом, коли:

а) Оператор встановив неправильне значення параметра і не розумів, що він здійснив помилку.

б) Оператор неправильно встановив рефлектори для виконання ДП операцій.

в) Кут нахилу сканера ЛОСОП щодо рефлектора не є прийнятним для отримання потрібних даних.

Заходи безпеки для сценарію 1:

1. Місце розташування рефлекторів повинно бути ретельно спланованим, беручи до уваги можливі маневри судна у зоні дії ЛОСОП.

2. Повинні бути встановлені процедури, щоб забезпечити оптимальний кут нахилу під час роботи ЛОСОП.

3. Оператор судна повинен отримувати зворотний зв'язок, якщо кут нахилу сенсора ЛОСОП не є оптимальним під час роботи.

Сценарій 2: Оператор вмикає ЛОСОП без відключення живлення та перезапуску програмного забезпечення. ЛОСОП перебуває у режимі призупинення протягом тривалого часу. Через тривалий період перебування ЛОСОП у режимі призупинення оператор не знає про утворення системних несправностей і починає автоматичне позиціонування.

Заходи безпеки для сценарію 2:

1. ЛОСОП повинна реєструвати, скільки триває періоди режиму призупинення системи, і ця інформація повинна бути легко доступною для операторів.

2. Якщо сенсори ЛОСОП перебувають у режимі призупинення довше визначеного періоду часу, оператори повинні бути проінформовані про необхідність відключення живлення та перезапуску програмного забезпечення ЛОСОП перед початком ДП операцій.

3. Повинні бути встановлені процедури перевірки, що визначають, коли і як часто ЛОСОП слід відключати від джерела живлення та перезавантажувати програмне забезпечення.

4. ЛОСОП повинна вимагати перезапуску програмного забезпечення та відключення від джерела живлення після тривалого періоду призупинення.

Сценарій 3: ЛОСОП надсилає недостовірні дані до ДП системи. ДП система не визнає, що дані недостовірні, і отже, не попереджає оператора про несправність ЛОСОП. Це може бути через те, що відображення від одного з рефлекторів було навмисно усунене зі вводу даних (через слабкий сигнал, збій, тощо), а решта два рефлектори продовжують надіслати недостовірну інформацію до ДП системи. За наявності лише двох рефлекторів розбіжність виявити не вдається, а оператор не вмикає ЛОСОП із ДП системи.

Заходи безпеки для сценарію 3:

1. ДП операції не повинні продовжуватися за наявності менш ніж трьох рефлекторів для ЛОСОП.

2. Оператор судна повинен бути повідомлений, коли рефлектор не може бути використаний для виявлення розбіжностей.

3. Подальші випробування повинні бути проведені для оцінки поточних сигналів ЛОСОП. Результати випробування мають показати, чи потрібно додавати

якісь нові сигнали тривоги, чи поточні сигнали тривоги не надають належної інформації для оператора, щоб зрозуміти та зреагувати на сигнал тривоги.

Сценарій 4: Оператор ненавмисно вимикає з автоматичного відстеження один або декілька рефлекторів під час ДП операцій що призводить до втрати позиції:

Заходи безпеки для сценарію 4:

1. Не повинно бути можливості вимкнути всі рефлектори з автоматичного відстеження коли ДП система використовує ЛОСОП для управління судном.
2. Завжди, коли рефлектори ЛОСОП вимикаються, оператор повинен отримувати сигнал, що відстеження рефлекторів вимкнене.
3. Вимкнення рефлекторів ЛОСОП повинно бути багатоступеневим щоб уникнути випадковому вимкненню.

Сценарій 5: Виникає ситуація, яка вимагає від оператора припинення автоматичного позиціонування та переходу до повного ручного управління судна. Оператор вимикає відстеження рефлекторів перед переходом на повне ручне управління що призводить до втрати позиції.

Заходи безпеки для сценарію 5:

1. Відстеження рефлекторів ЛОСОП не слід вимикати перед переходом на ручне управління судном.
2. Вимкнення усіх рефлектори з автоматичного відстеження повинне бути неможливим коли ДП система використовує ЛОСОП для управління судном.
3. Оператор повинен впевнитися що він здатний маневрувати судном в ручному режимі и після відходу на безпечну відстань завершити роботу ЛОСОП.

Виконавши аналіз певних системних процесів ЛОСОП було розроблено обмеження та вимоги безпеки для зменшення небезпечних дій:

1. ДП система повинна виявляти недостовірні дані, отримані в процесі використання ЛОСОП та відхиляти їх.
2. Попереджувальний сигнал повинен бути надісланий оператору, коли відбувається отримання недостовірних даних із ЛОСОП у ДП систему.
3. Оператори повинні бути забезпеченні вимогами безпеки для виконання ДП операцій.
4. Оператори не повинні експлуатувати судно, якщо ДП операції не відповідають вимогам безпеки.
5. Власник судна повинен визначити відповідальних за створення конкретних процедур та дій в непередбачених ситуаціях
6. Оператори повинні бути ознайомлені з конкретними процедур та діями, якщо вони підходять для різних сценаріїв.
7. Інструктаж з техніки безпеки повинно бути проведено для майбутніх ДП операцій .
8. Починаючи процедуру дій в непередбачених ситуаціях, оператори, повинні координувати свої дії один з одним.
9. Повинні бути вжиті заходи для оцінки дій операторів судна, які виконують процедуру дій у непередбачених ситуаціях.
10. Оператори мають отримувати попереджувальний сигнал, якщо судно перебуває на шляху зіткнення із зовнішнім об'єктом або іншим судном.
11. ЛОСП повинна мати можливість виявляти помилкові відображення і не повинна надсилати недостовірні до ДП системи.

**Висновки.** Як показує дослідження, теоретичний аналіз системних процесів можна використовувати для ефективного та детального аналізу безпеки лазерно-оптичної системи опорного позиціонування. Завдяки використанню теоретичного аналізу системних процесів було виявлено багато проблем безпеки, які раніше не були описані в існуючих документах безпеки лазерно-оптичної системи опорного позиціонування. Також шляхом дотримання теоретичного аналізу системних процесів були сформовані та виявлені небезпечні дії та подальші причинно-наслідкові сценарії. У роботі були розглянуті та вирішені такі питання безпеки, як:

- неадекватні процеси управління параметрів ЛОСОП;
- недоліки програмного забезпечення в режимі призупинення системи;
- передача недостовірних даних з ЛОСОП у ДП-систему;
- проблеми з безпекою контролю відстеження рефлекторів;
- небезпеки переходу на ручне управління.

Вирішення цих критичних питань безпеки значно допоможе ДП-операторам уникнути можливих аварій, пов'язаних із використанням ЛОСОП, забезпечити безпечне позиціонування судна біля нафтогазових комплексів, уникнути фінансових збитків та навіть можливих людських втрат.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. MSC.1/Circ.1580. Guidelines for vessels and units with dynamic positioning (DP) systems. *International Marine Organization*. 2017.
2. IMCA M 103. Guidelines for the Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels. *International Marine Contractors Association*. 2020. Rev. 4.1. Pp. 24–31.
3. Бондаренко С.И. Эксплуатация судов с учетом использования системы динамического позиционирования. *Водный транспорт*. 2016. № 1(24). С. 6–11.
4. Богомья В.И., Бондаренко С.И., Кривенко Н.В. Разработка научно-технических предложений по применению систем динамического позиционирования. *Водный транспорт*. 2012. № 3(15). С. 12–17.
5. Мойсеєнко В.С. Визначення робочих діапазонів лазерно-оптичної системи опорного позиціонування Fanbeam при різних умовах хвилювання моря. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT–2019)*. 2019. С. 54–57.
6. Гудков Д.Н., Тихонов И.В. Системы динамического позиционирования судов как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания. *Системы обработки информации*. 2013. № 8(115). С. 32–36.
7. Pil I. Causes of Dynamic Positioning System Failures and Their Effect on DP Vessel Station Keeping. *Estonian Maritime Academy*. 2018. Pp. 29–46.
8. Herdzyk, J. Dynamic positioning systems during emergency or unexpected situations. *Journal of KONES*. 2013. No. 20(3). Pp. 153–159.
9. Габрук Р.А. Формалізація комплексної методики гарантування безпеки динамічного позиціонування. *Водний транспорт*. 2013. № 2. С. 202–207.

10. Габрук Р.А. Принципи створення програмного забезпечення програмно-апаратних комплексів підтримки прийняття рішень щодо безпеки динамічного позиціонування. *Водний транспорт*. 2013. № 3. С. 35–37.
11. Лелеко М. В. Шляхи підвищення якості взаємодії оператора з системою динамічного позиціонування. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2018. № 1(18). С. 27–33.
12. Moiseenko V.S., Zinchenko S. M., Tovstokoryi O. M. Automatic Beam Control of Laser-Optical Position Reference System. *II International Maritime Scientific Conference of the Ship Power Plants and Technical Operation Department of Odessa National Maritime University (MPP&O-2020)*. 2020. Pp. 361–367. doi: 10.13140/RG.2.2.19286.40006
13. Hauf K.S. Analysis of Loss of position incidents for dynamically operated vessels. *Norwegian University of Science and Technology*. 2014. Pp. 14–37.
14. Dong Y., Rokseth B., Vinnem E.J., Utne I.B. Analysis of Dynamic Positioning System Accidents and Incidents with Emphasis on Root Causes and Barrier Failures. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*. 2016. doi: 10.1201/9781315374987-28
15. Габрук Р. А. Безпека динамічного позиціонування в умовах погіршеної роботи супутникової радіонавігаційної системи. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2019. № 2(21). С. 4–19.
16. Nosov, P., Zinchenko, S., Popovych, I., Safonov, M., Palamarchuk, I., Blakh, V. Decision support during the vessel control at the time of negative manifestation of human factor. *3rd International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems*. 2020. Pp. 12–26.
17. Rokseth B., Utne I.B. Dynamic risk assessment of marine systems. *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*. 2015. Pp. 725–733. doi: 10.1201/b19094-98
18. Dong Y., Vinnem E.J., Utne I.B. Improving safety of DP operations: learning from accidents and incidents during offshore loading operations. *EURO Journal on Decision Processes*. 2017. No 5. Pp. 5–40. doi: 10.1007/s40070-017-0072-1
19. Товстокорий О.М., Мойсеєнко В.С. Керування положенням полюсу повороту на двогвинтовому конвенційному судні. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2017. № 2(17). С. 101–109.
20. Desai N. Dynamic Positioning: Method for Disaster Prevention and Risk Management. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2015. No. 11. Pp. 216–223. doi: 10.1016/j.proeps.2015.06.028

#### REFERENCES

1. MSC.1/Circ.1580. (2017). Guidelines for vessels and units with dynamic positioning (DP) systems. International Marine Organization.
2. IMCA M 103. (2020). Guidelines for the Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels. International Marine Contractors Association, Rev. 4.1, 24–31.

3. Bondarenko S.I. (2016). Operation of vessels taking into account the use of a dynamic positioning system. [Ekspluatatsiia sudov s uchetom ispolzovaniia sistemy dinamicheskogo pozicionirovaniia]. Water transport, 1(24), 6–11 [in Russian].
4. Bogomia V.I., Bondarenko S.I., Krivenko N.V. (2012). Development of scientific and technical proposals for the use of dynamic positioning systems. [Razrabotka nauchno-tekhnicheskikh predlozhenii po primeneniiu sistem dinamicheskogo pozicionirovaniia]. Water transport. 3(15), 12–17 [in Russian].
5. Moiseienko V.S. (2019) Determination of the operating ranges of the Fanbeam laser-optical reference positioning system under various sea wave conditions. [Vyznachennia robochykh diapazoniv lazerno-optychnoi systemy opornoho pozytsionuvannia Fanbeam pry riznykh umovakh khvyliuvannia moria]. Modern information and innovative technologies in transport (MINTT-2019), 54-57 [in Ukrainian].
6. Gudkov D.N., Tikhonov I.V. (2013). Dynamic positioning systems of ships as an ergatic tool for improving the safety of navigation. [Sistemy dinamicheskogo pozicionirovaniia sudov kak ergaticheskii instrument povysheniia bezopasnosti morepla-vaniia]. Information processing systems, 8(115), 32–36 [in Russian].
7. Pil I. (2018). Causes of Dynamic Positioning System Failures and Their Effect on DP Vessel Station Keeping. Estonian Maritime Academy, 29–46.
8. Herdzik, J. (2013). Dynamic positioning systems during emergency or unexpected situations. Journal of KONES, 20(3), 153–159.
9. Habruk R.A. (2013). Formalization of a comprehensive methodology for ensuring the safety of dynamic positioning. [Formalizatsiia kompleksnoi metodyky harantuvannia bezpeky dynamichnoho pozytsionuvannia]. Water transport, 2, 202-207 [in Ukrainian].
10. Habruk R.A. (2013). Principles of creating software for software and hardware complexes for supporting decision-making on the security of dynamic positioning. [Pryntsypy stvorennia prohramnoho zabezpechennia prohramno-aparatnykh kompleksiv pidtrymky pryiniattia rishen shchodo bezpeky dynamichnoho pozytsionuvannia]. Water transport, 3, 35–37 [in Ukrainian].
11. Leleko M.V. (2018). Ways to improve the quality of operator interaction with the Dynamic Positioning System. [Shliakhy pidvyshchennia yakosti vzaiemodii operatora z systemoiu dynamichnoho pozytsionuvannia]. Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy, 1(18), 27–33 [in Ukrainian].
12. Moiseenko V.S., Zinchenko S. M., Tovstokoryi O. M. (2020). Automatic Beam Control of Laser-Optical Position Reference System. II International Maritime Scientific Conference of the Ship Power Plants and Technical Operation Department of Odessa National Maritime University (MPP&O-2020), 361–367. doi: 10.13140/RG.2.2.19286.40006.
13. Hauf K.S. (2014). Analysis of Loss of position incidents for dynamically operated vessels. Norwegian University of Science and Technology, 14–37.

14. Dong Y., Rokseth B., Vinnem E.J., Utne I.B. (2016). Analysis of Dynamic Positioning System Accidents and Incidents with Emphasis on Root Causes and Barrier Failures. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*, doi: 10.1201/9781315374987-28.
15. Habruk R.A. (2019). Safety of dynamic positioning in conditions of poor operation of the satellite radio navigation system. [Bezpeka dynamichnoho pozytsionuvannia v umovakh pohirshenoї roboty suputnykovoї radionavihatsiinoї systemy]. *Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy*, 2(21), 4–19 [in Ukrainian].
16. Nosov, P., Zinchenko, S., Popovych, I., Safonov, M., Palamarchuk, I., Blakh, V. (2020). Decision support during the vessel control at the time of negative manifestation of human factor. *3rd International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems*, 12–26.
17. Rokseth B., Utne I.B. (2015) Dynamic risk assessment of marine systems. *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*, 725–733. doi: 10.1201/b19094-98.
18. Dong Y., Vinnem E.J., Utne I.B. (2017). Improving safety of DP operations: learning from accidents and incidents during offshore loading operations. *EURO Journal on Decision Processes*, 5, 5–40. doi: 10.1007/s40070-017-0072-1.
19. Tovstokoryi O.M., Moiseienko V.S. (2017). Control of the position of the pivot point on a two-screw conventional vessel. [Keruvannia polozhenniam poliusu povorotu na dvohvyntovomu konventsiiinomu sudni. *Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy*, 2(17), 101–109 [in Ukrainian].
20. Desai N. (2015). Dynamic Positioning: Method for Disaster Prevention and Risk Management. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 216–223. doi: 10.1016/j.proeps.2015.06.028.

**ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ БЕТОНІВ,  
ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД,  
ПІД ДІЄЮ НЕГАТИВНИХ І ЗНАКОЗМІННИХ ТЕМПЕРАТУР**

**О.О. Шишкіна<sup>1</sup>, О.О. Шишкін<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,  
Криворізький національний університет, Кривий Ріг,  
Дніпропетровська область, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-3716-9347

<sup>2</sup>д.т.н., професор кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,  
Криворізький національний університет, Кривий Ріг,  
Дніпропетровська область, Україна,  
ORCID ID: 0000-0003-3331-1422

**Анотація**

На території України знаходиться значна кількість річок та морське узбережжя. На їхніх берегах розташована велика кількість міст. Гідротехнічні споруди в багатьох містах внаслідок їхньої інтенсивної експлуатації перебувають у жалюгідному стані. Ремонт таких споруд, як правило, дуже трудомісткий і дорогий. Метою роботи було вивчення впливу на властивості дрібнозернистого бетону, призначеного для будівництва гідротехнічних споруд знакозмінних температур і забезпечення необхідної міцності й морозостійкості цього бетону за рахунок зміни його структури шляхом використання органічних і мінеральних добавок у вигляді гідрофобної поверхнево-активної речовини й залізовмісного заповнювача. У процесі виконання експериментів застосовувалися: в'язуче – портландцемент Криворізького цементного заводу, заповнювачі – суміш дніпровського річкового піску та відходів гірничо-збагачувального комбінату, як гідрофобна поверхнево-активна речовина – олеат натрію. В умовах експерименту введення олеату натрію та залізовміщуючого заповнювача до складу бетону призводить до зменшення зміни лінійних розмірів зразків під дією знакозмінних температур. Досліджувалася міцність дрібнозернистого бетону під час стиску й розтягу залежно від вихідного співвідношення між компонентами дисперсної системи «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію», виду й вмісту добавок, які вводилися, а також температури навколишнього середовища. В умовах експерименту під час твердіння дисперсної системи «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію» протягом 28 діб у нормальних умовах використання як добавки олеату натрію призводить до збільшення міцності бетону як під час стиску, так і під час розтягу. Установлено, що застосування для виготовлення дрібнозернистих бетонів, призначених для гідротехнічного будівництва, змішаного заповнювача, частина якого отримана подрібненням гірських залізовміщуючих порід, а також води, структурованої колоїдними гідрофобними поверхнево активними речовинами, забезпечує підвищення стійкості бетонів до дії знакозмінних температур.

**Ключові слова:** міцність, вода, бетон, знакозмінні температури, усадка.

**PECULIARITIES OF WORK OF FINE-GRAIN CONCRETE, INTENDED  
FOR HYDROTECHNICAL STRUCTURES, UNDER THE ACTION  
OF NEGATIVE AND CHANGING TEMPERATURES**

**O.O. Shyshkina<sup>1</sup>, O.O. Shyshkin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor at the Department of Technology  
of Construction Products, Materials and Structures,  
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0003-3716-9347

<sup>2</sup>Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Technology  
of Construction Products, Materials and Structures,  
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0003-3331-1422

**Summary**

*On the territory of Ukraine there is a significant number of rivers and the sea coast. Hydraulic structures in many cities due to their intensive operation are in poor condition. Repair of such structures is usually very time consuming and expensive. The aim of the work was to study the effect on the properties of fine-grained concrete intended for construction of hydraulic structures of alternating temperatures and to provide the necessary strength and frost resistance of this concrete by changing its structure by using organic and mineral additives in the form of hydrophobic surfactant and iron filler. In the process of performing the experiments were used: binder – Portland cement of the Kryvyi Rih Cement Plant, aggregates – a mixture of Dnieper river sand and waste from the mining and processing plant, as a hydrophobic surfactant – sodium oleate. Under the conditions of the experiment, the introduction of sodium oleate and iron-containing aggregate into the concrete composition reduces the change in the linear dimensions of the samples under the action of alternating temperatures. THE compressive and tensile strength of fine-grained concrete was investigated depending on the initial ratio between the components of the dispersed system "Portland cement – aggregate – water – sodium oleate", the type and content of additives that were introduced, as well as ambient temperature. Under the conditions of the experiment during the hardening of the dispersed system "Portland cement – aggregate – water – sodium oleate" for 28 days under normal conditions of use as an additive of sodium oleate leads to an increase in the strength of concrete, both in compression and tensile strength. It is established that the use of mixed aggregate for the production of fine-grained concrete intended for hydraulic engineering, part of which is obtained by grinding rock -bearing rocks, as well as water structured by colloidal hydrophobic surfactants, increases the resistance of concretes to alternating temperatures.*

**Key words:** strength, water, concrete, temperature variables, shrinkage.

**Вступ.** На території України знаходиться значна кількість річок, та морське узбережжя. На їхніх берегах розташована велика кількість міст. Гідротехнічні споруди в багатьох містах внаслідок їхньої інтенсивної експлуатації перебувають у жалюгідному стані. Ремонт таких споруд, як правило, дуже трудомісткий і дорогий. Для рішення завдання підвищення експлуатаційних характеристик ефективних гідротехнічних дрібнозернистих бетонів (ДЗБ), необхідна оптимізація складів

і технології їхнього готування, а також використання різних органічних і мінеральних добавок, що модифікують, для підвищення експлуатаційних показників таких бетонів.

**Постановка проблеми.** Залізобетонні конструкції широко застосовуються в сучасному гідротехнічному будівництві. За очевидних переваг залізобетонних конструкцій (висока міцність, відносно низька матеріалоемність, простота монтажу та ін.) актуальною проблемою в складних умовах експлуатації можна назвати забезпечення довговічності бетону подібних конструкцій. Одними з основних показників якості, що забезпечують довговічність конструкцій гідротехнічних, у тому числі й водопропускних спорудах, є міцність і морозостійкість бетону. Також для тонкостінних конструкцій висуваються вимоги високої рухливості суміші. у процесі експлуатації більша частина конструкцій гідротехнічних споруд піддаються динамічним впливам, а також впливам перемінного рівня води, що в осінньо-зимовий період призводить до впливу на означені конструкції знакозмінних температур. У цей час для підвищення експлуатаційних властивостей і довговічності бетону застосовуються модифікатори різної природи: пластифікатори, добавки, що кольматують, і наповнювачі. Крім того, для відповідальних тонкостінних конструкцій усе ширше застосовується дисперсне армування фіброю. Однак питанню впливу знакозмінних температур на залізобетонні конструкції в проведених дослідженнях приділялось недостатньо уваги, що потребує проведення певних досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одержання бетонів із заданими властивостями забезпечується керуванням його структуроутворення. Відповідно до [1], керування процесами структуроутворення в цементному камені припускає створення таких умов твердіння, при яких його структура набуває максимальної міцності. Міцність же структури цементного каменю, відповідно до [1], визначається насамперед ступенем гідратації вихідних клінкерних мінералів, а також кількістю й типом кристалічних зростків між ними.

Виходячи з того, що до складу бетону входить як цементний камінь, так і заповнювачі [2–4], його структура визначається не тільки структурою цементного каменю, а й вмістом усіх структурних елементів: цементного каменю й заповнювачів, а також їхнім взаємним розташуванням і співвідношенням. Отже, за аналогією із цементним каменем, керування процесами структуроутворення бетону полягає в створенні в ньому таких умов твердіння, при яких він набуває необхідних фізико-механічних властивостей.

У результаті проведених досліджень в умовах із підвищеною температурою й зниженою вологістю середовища встановлені основні закономірності перенесення маси й зневоднювання матеріалу. При цьому найбільший інтерес становлять роботи І. Б. Заседателева і Є. І. Богачова [5; 6]. Перший розробив класифікацію кліматичних факторів, які впливають на бетон. При цьому зазначено, що зміна властивостей бетону відбувається насамперед через вплив двох факторів: вологості повітря й температури навколишнього середовища.

Пізніше зроблено спроби знайти критерій атмосферостійкості бетону, що дозволяв би об'єктивно оцінювати інтенсивність впливу навколишнього середовища на матеріал, що твердіє. Критерії Ю.М. Баженова [7], а потім і М.М. Вахітова спрямовані на порівняння міцності матеріалу, що зазнав у тій або іншій мірі вплив

навколишнього середовища, з міцністю бетону нормального твердіння. Аналогічні за характером також роботи Г.І. Горчакова зі співробітниками [8], що дозволяють оцінити стійкість матеріалу у взаємозв'язку з його структурними змінами. У роботі [9] показана можливість урахування впливу навколишнього середовища на формування міцності бетону, що твердіє в умовах підвищених температур.

Слід звернути увагу на низку важливих результатів, що розкривають фізичну природу впливу навколишнього середовища на бетон, отриманих авторами [10–13], а також адаптації бетону до дії зовнішнього середовища [14].

Водночас отримано нові можливості керування властивостями бетону за рахунок введення комбінованого заповнювача [15], насамперед за рахунок структурирування води, призначеної для виготовлення бетону, використанням ефектів гідрофобної гідратації та надмалих доз [16; 17]. Модифіковані таким чином бетони мають високу швидкість формування структури та міцність при стиску, яка досягає 190% міцності бетонів, виготовлених без добавок. Висока якість таких бетонів дозволяє припустити їхню високу стійкість до дії знакозмінних температур, а отже, й для використання в гідротехнічному будівництві.

**Метою роботи** було вивчення впливу на властивості дрібнозернистого бетону, призначеного для будівництва гідротехнічних споруд знакозмінних температур і забезпечення необхідної міцності й морозостійкості даного бетону за рахунок зміни його структури шляхом використання органічних і мінеральних добавок у вигляді гідрофобної поверхнево-активної речовини й залізовмісного заповнювача. **Завдання досліджень:** вивчити вплив знакозмінних температур навколишнього середовища на міцнісні властивості бетону, модифікованого заповнювачем на основі залізовмісної речовини та гідрофобною поверхнево-активною речовиною; установити вплив складу цього бетону на його міцність під час твердіння в умовах знакозмінного температурного впливу навколишнього середовища.

**Виклад основного матеріалу.** У процесі виконання експериментів застосовувалися: в'язуче – портландцемент Криворізького цементного заводу, заповнювачі – суміш дніпровського річкового піску та відходів гірничо-збагачувального комбінату, як гідрофобна поверхнево-активна речовина – олеат натрію.

Виготовлені цементне тісто й розчин зберігали до укладання в морозильну камеру, яка давала можливість підтримувати температуру в її об'ємі від +20 °С до –20 °С. З отриманих цементного тіста й розчинної суміші готували зразки-балочки розміром 40 × 40 × 160 мм, які піддавалися випробуванням на вигин і стиск. Укладку бетону у форми закінчували через час, визначений планом випробувань, після приготування бетонної суміші. Для випробувань зразків-кубів на стиск була використана універсальна випробувальна машина УММ-50. Навантаження при випробуваннях зростали рівномірно зі швидкістю 0,2 МПа в 1 сек.

Вплив змінних температур на усадку цементного розчину вивчався при перемінному заморожуванні й розморожуванні зразків розміром 10 × 5 × 40 мм, виготовлених із цементного розчину різного складу.

Після виготовлення визначали розміри зразків вимірюванням мікроскопом «МИР-12» потім зразки поміщали в морозильну камеру. При досягненні в камері заданої температури, зразки виймали з неї й, після вимірювання їхніх розмірів мікроскопом «МИР-12», розморожували до вихідної температури й знову вимірювали їхні розміри.

В умовах експерименту введення олеату натрію та залізовміщуючого заповнювача до складу бетону призводить до зменшення зміни лінійних розмірів зразків під дією знакозмінних температур (рис. 1, 2).

Отже, наявність у дрібнозернистому бетоні залізовмісної речовини в складі заповнювача та олеату натрію як добавки до цементу знижує вплив температури навколишнього середовища на об'ємні зміни компонентів бетону, вочевидь, насамперед води.

Таким чином, введення в цементне тісто олеату натрію приводить до зменшення впливу температури навколишнього середовища на властивості цементного тіста. Це пояснюється збільшенням у такому бетоні кількості води, яка знаходиться у фізично зв'язаному стані, що підтверджується збільшенням водотримуючої спроможності цементного тіста за рахунок адсорбування води залізовмісною речовиною – яку використано в якості дрібного заповнювача.

У наступній групі експериментів досліджувалася міцність дрібнозернистого бетону під час стиску й розтягу залежно від вихідного співвідношення між компонентами дисперсної системи «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію», виду й вмісту добавок, які вводилися, а також температури навколишнього середовища. Дослідження виконувалися відповідно до прийнятої методики.

Для визначення впливу негативних і знакозмінних температур на міцність дрібнозернистого бетону насамперед було визначено його міцність під час твердіння під дією позитивних температур як вихідну величину.

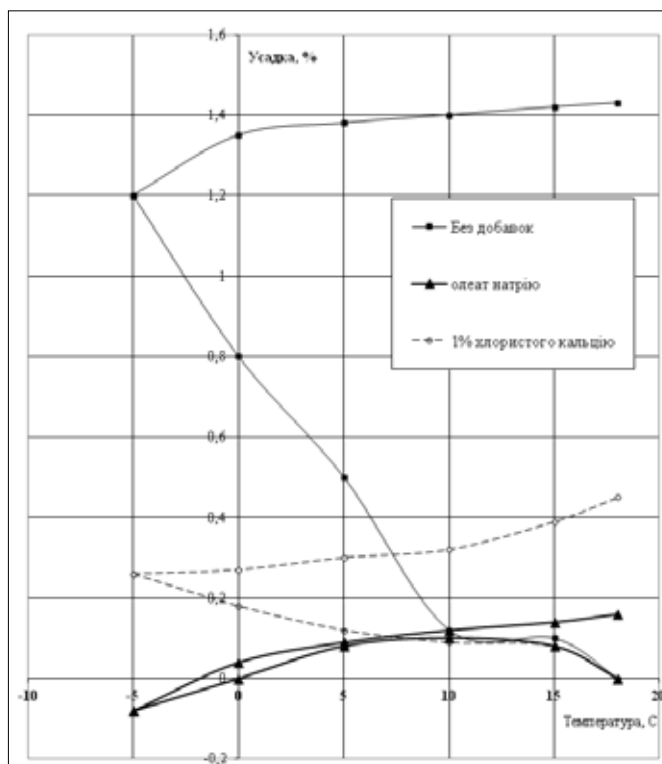


Рис. 1. Усадка бетону за зміни температури від 18 °C до -5 °C

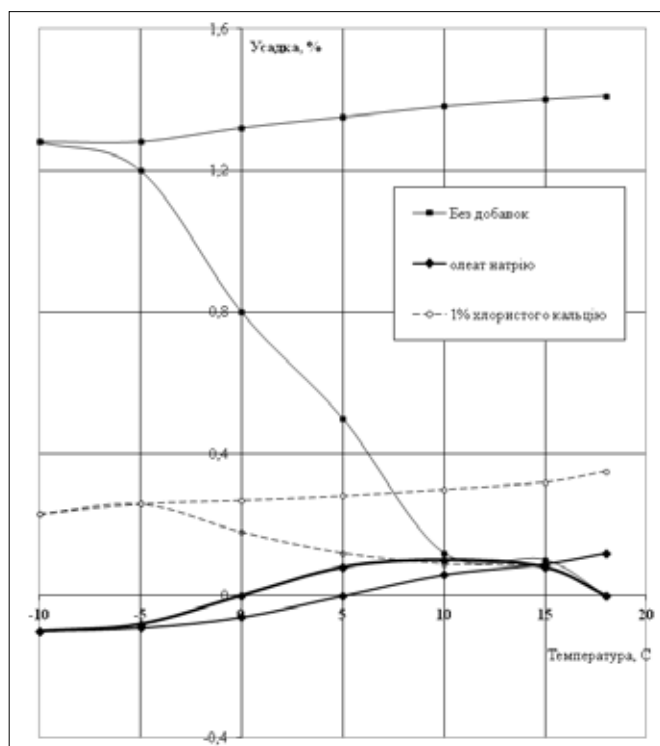


Рис. 2. Усадка цементного тіста за зміни температури від 18 °С до -10 °С

В умовах експерименту під час твердіння дисперсної системи «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію» протягом 28 діб у нормальних умовах використання як добавки олеату натрію приводить до збільшення міцності бетону як під час стиску, так і під час розтягу (табл. 1).

Таблиця 1

**Міцність цементного каменю, отриманого в результаті твердіння дисперсної системи «портландцемент – добавка – вода»**

Склад цементу		Міцність під час стиску		Міцність під час розтягу	
Вміст відходів ГЗК у заповнювачі, %	Кількість олеату натрію, %	Абсолютна, МПа	Відносна, %	Абсолютна, МПа	Відносна, %
–	–	45,4	100	1,46	100
40	0,0003	76,0	167	1,40	144
50	0,0003	79,6	175	2,30	129
50	0,0004	76,0	167	1,41	82,2
50	0,0002	74,6	164	1,41	96,6
60	0,0002	68,0	150	1,94	133
60	0,0003	66,2	146	1,20	96,6
60	0,0004	64,0	141	2,10	98,9
CaCl <sub>2</sub>	1,0	64,8	143	1,88	158
Силікат натрію	0,5	55,6	122	1,68	115

Аналіз отриманих у дослідіах результатів показав, що оптимальним за міцністю бетону за стиску є вміст (для системи «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію») залізовміщуючого компоненту заповнювача в кількості 50% від маси заповнювача та 0,0003% олеату натрію від маси цементу. Ці величини досить близькі до раніше встановлених оптимальних вмістів означених складових у системі за властивостями цементного тіста.

Із часом міцність системи «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію», що твердіє за позитивної температури, збільшується. При цьому наявність залізовміщуючого компоненту заповнювача та олеату натрію забезпечує максимальну швидкість формування міцності цементного каменя (рис. 3).

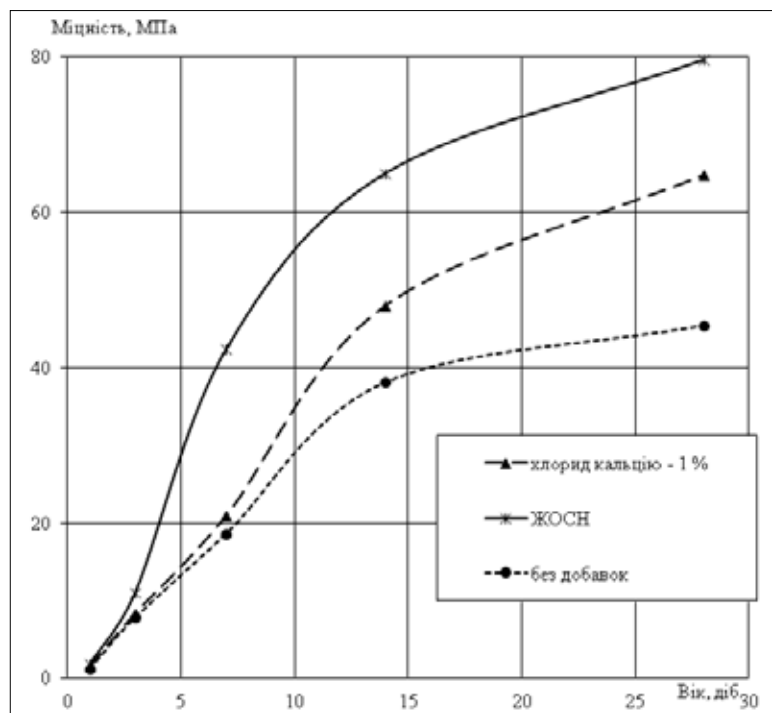


Рис. 3. Зміна міцності цементного каменя в часі  
(Температура твердіння  $(18\pm 2)$  °С)

Витрати компонентів: 50% залізовмісного компонента від маси заповнювача та 0,0003% олеату натрію від маси системи цементу, водоцементне відношення 0,42).

Отже, використання в дисперсній системі «портландцемент – заповнювач – вода» як добавки залізовмісної речовини та олеату натрію приводить до підвищення міцності бетону, а також і швидкості її формування. Це здійснюється за рахунок збільшення ступеня гідратації мінералів портландцементу, зокрема трикальцієвого силікату та утворення підвищеної кількості мінералів, що містять значну кількість хімічно зв'язаної води.

Вплив раннього охолодження й заморожування на міцність дрібнозернистого бетону під час стиску визначався залежно від складу дисперсної системи «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію», віку, у якому вона піддавалася

охолодженню або заморожуванню, швидкості охолодження та часу дії низьких позитивних або негативних температур. Під час проведення експериментів використовували Криворізький портландцемент, добавку олеату натрію. Як залізовмісну речовину використовували відходи ГЗК. Експерименти проводили відповідно до прийнятої методики. Виготовлені зразки після витримки за позитивної температури протягом часу, який було задано планом експерименту, поміщали в морозильну камеру, де їх охолоджували до заданої температури, і витримували під дією цієї температури певний час, який було визначено планом експерименту. Швидкість охолодження регулювали зміною розмірів зразків. Для уникнення впливу масштабного фактора аналізувалася відносна міцність при стиску. Міцність цементного каменю визначалася у віці 28 діб, за твердіння після заморожування та розморожування до температури  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ . За одиничне значення бралася міцність бетону без добавок.

В умовах експерименту зменшення часу від моменту виготовлення цементного тіста до початку зниження температури й збільшення швидкості її зниження призводить до зниження міцності цементного каменю (рис. 4–7). При цьому найбільші втрати міцності спостерігаються, коли час початку охолодження не перевищує часу початку тужавлення цементного тіста.

Найменше впливає температура середовища твердіння на дисперсну систему «портландцемент – заповнювач – вода – олеат натрію». Це пояснюється тим, що добавка олеату натрію змінює стан води в цій системі за рахунок того, що значна її кількість адсорбційно (фізично) зв'язується залізовмісною речовиною й кремнегелем. Крім цього наявність у цій системі залізовмісної речовини знижує її усадочні деформації, а вуглеводневі радикали олеату натрію перешкоджають розширенню системи під час охолодження, виконуючи роль мікроанкерів.

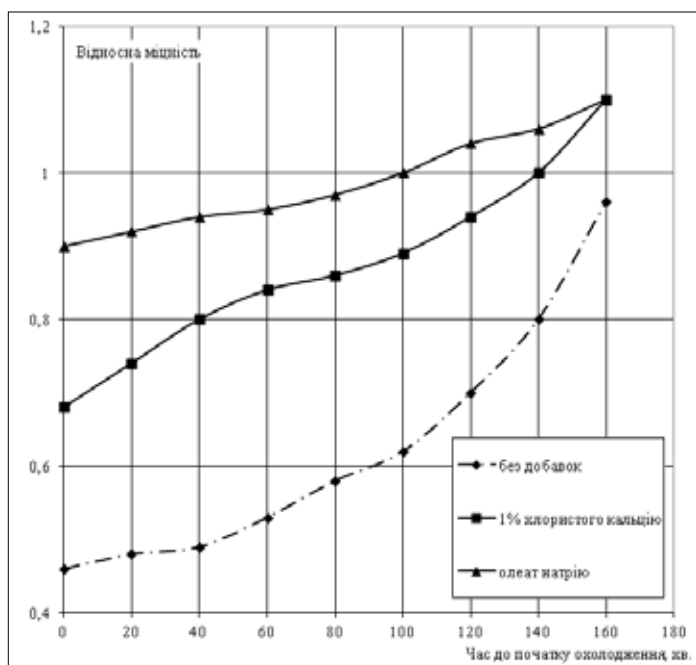


Рис. 4. Вплив часу до початку охолодження дисперсної системи «портландцемент – добавка – вода» до температури  $5^\circ\text{C}$  на величину міцності цементного каменю, що утворюється

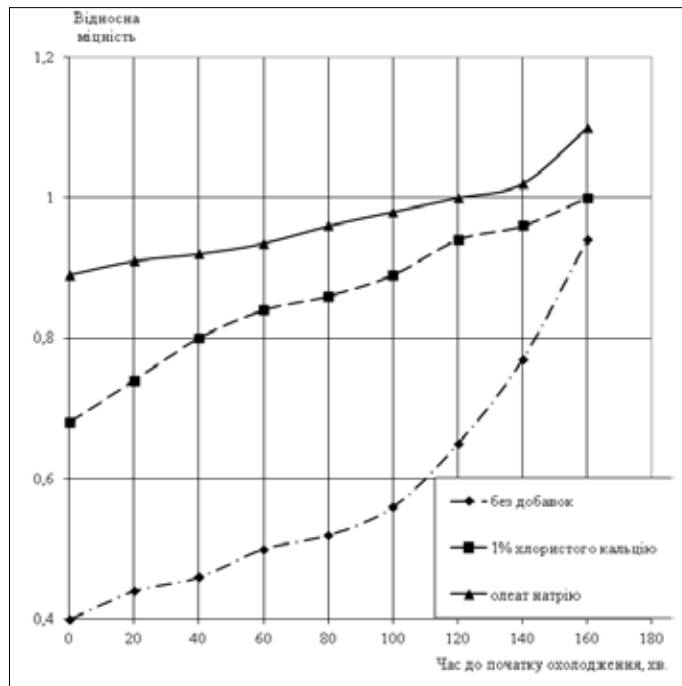


Рис. 5. Вплив часу до початку охолодження дисперсної системи «портландцемент – добавка – вода» до температури 0 °С на величину міцності цементного каменю, що утвориться

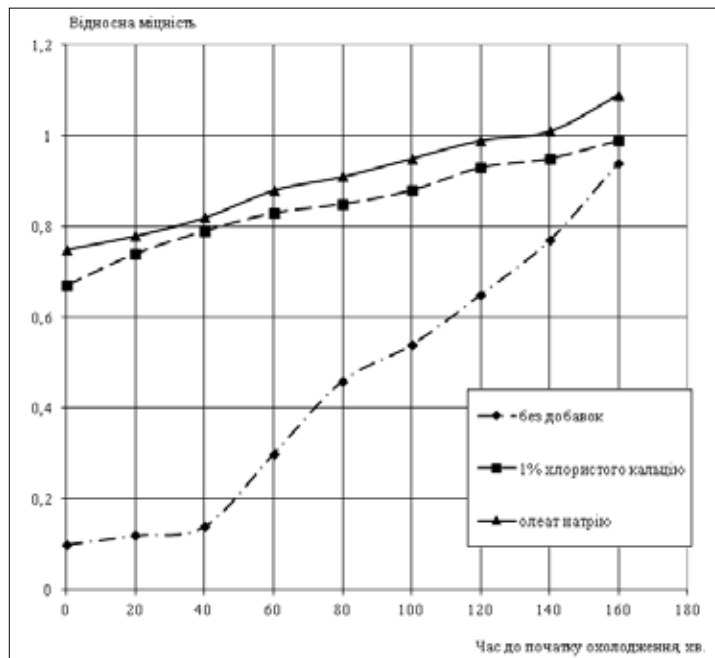


Рис. 6. Вплив часу до початку охолодження дисперсної системи «портландцемент – добавка – вода» до температури -10 °С на величину міцності цементного каменю, що утвориться

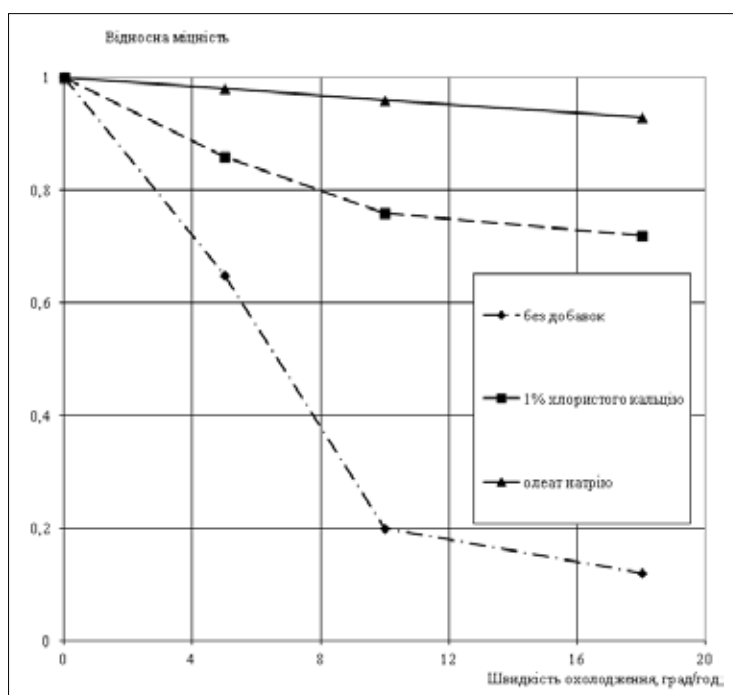


Рис. 7. Вплив швидкості охолодження дисперсної системи «портландцемент – добавка – вода» до температури  $-10^{\circ}\text{C}$  на величину міцності цементного каменю, що утвориться

Це знижує температурні деформації в системі, зменшуючи деструктивні процеси під час формування її структури. Отримані дані узгоджуються з результатами визначення впливу температури на властивості цементного тіста, отриманого на основі цієї системи. Крім цього, за рахунок наявності компонентів заповнювача, які містять залізо, у процесі гідратації цієї системи утворюються мінерали, які містять значну кількість хімічно зв'язаної води. Тобто в дисперсній системі «портландцемент – заповнювач, що містить залізо – вода – олеат натрію» на усьому протязі її існування підвищена кількість знаходиться спочатку у фізично, а потім у хімічно зв'язаному стані, що й зумовлює відмінності у властивостях цієї системи порівняно з відомими.

Отримані результати можна пояснити таким чином. У воді за певної концентрації молекули гідрофобної поверхнево-активної речовини (МПАР) (рис. 8) об'єднуються в асоціати – дімери (рис. 9).

Рідка вода, за загальноприйнятою моделлю, складається з областей певної будови, званих кластерами (рис. 10), до складу яких можуть входити певні об'єми, зайняті газами або іншими речовинами.

Введенням у воду молекул гідрофобної поверхнево-активної речовини (МПАР) відбувається структурування води (рис. 11), тобто утворення безперервної фрактальної сітки з молекул води.

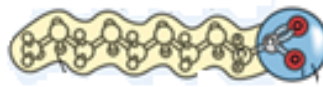


Рис. 8. Схема молекули гідрофобної поверхнево-активної речовини



Рис. 9. Зміни структури системи «вода – колоїдна ПАР (МПАР)»:  
1 – вільні молекули пар; 2 – димери молекул МПАР

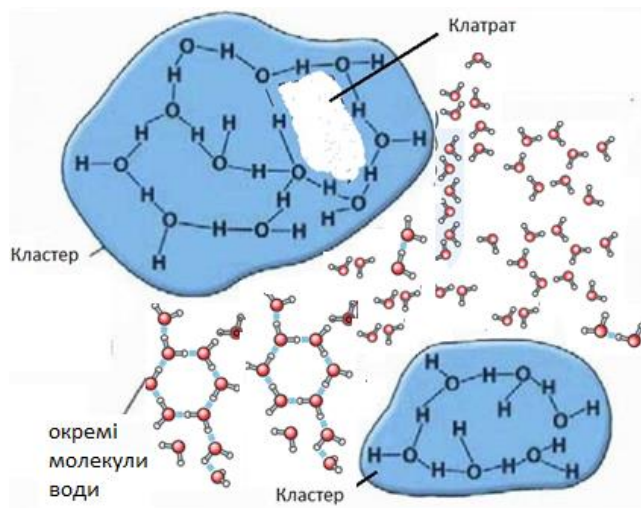


Рис. 10. Модель структури води

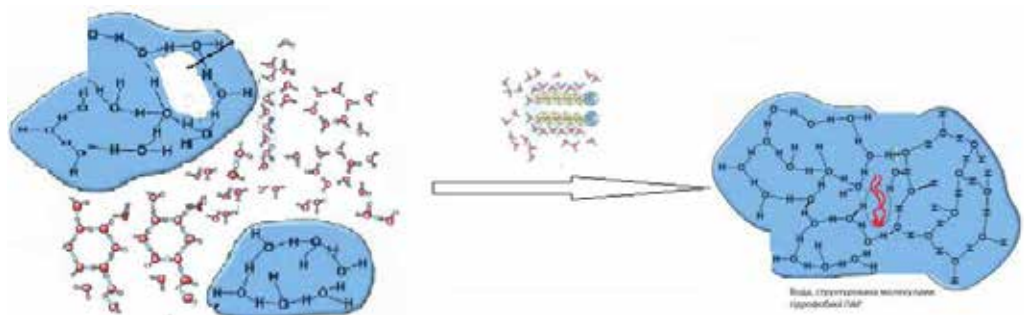


Рис. 11. структування води молекул гідрофобної поверхнево-активної речовини

Тобто дімери МПАР, які залежно від виду МПАР мають розміри від 5 до 50 нм (тобто за розмірами відносяться до наночастинок), ефективно здійснюють хімічну активацію води, що й пояснює отримані результати досліджень.

**Висновки.** Установлено, що застосуванням для виготовлення дрібнозернистих бетонів, призначених для гідротехнічного будівництва, змішаного заповнювача, частина якого отримана подрібненням гірських залізозміщуючих порід, а також води, структурованої колоїдними гідрофобними поверхнево активними речовинами, забезпечується підвищення стійкості бетонів до дії знакозмінних температур. Дрібнозернисті бетони, отримані за такою технологією, мають високу швидкість формування структури і, як наслідок, міцності при стиску, що дає змогу застосовувати їх для ремонту бетонних та залізобетонних гідротехнічних споруд.

Отримані ефекти пояснюються впливом гідрофобної поверхнево-активної речовини на структуру води, молекули якої утворюють суцільну фрактальну сітку, надаючи воді специфічні властивості. Концентрація гідрофобної поверхнево-активної речовини у воді для отримання значного ефекту становить від  $10^{-4}$  до  $10^{-6}$  М, що свідчить про наявність ефекту надмалих концентрацій.

Таким чином, застосування ефектів гідрофобної гідrataції та надмалих концентрацій дає змогу отримувати високоякісні дрібнозернисті бетони для спорудження та ремонту гідротехнічних споруд.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. Москва: Высш.шк., 1989. 384 с.
2. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / Київ : Будівельник, 1991. 144 с.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона. Москва: Высш.шк., 1978. 449 с.
4. Баженов Б.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. Москва: Стройиздат, 1984. 672 с.
5. Заседателев Н.Б., Богачев Е.И. Массообмен с внешней средой при твердении бетона в воздушно-сухих условиях. *Бетон и железобетон*. 1981. 8. С. 15–18.
6. Заседателев Н.Б., Петров-Денисов В.Г. Тепло- и массоперенос в бетоне специальных промышленных сооружений. Москва: Стройиздат, 1983. 167 с.
7. Баженов Ю.М. Критерий оценки поведения бетона в условиях сухого жаркого климата. *Бетон и железобетон*. 1981. 8. С. 9–11.
8. Горчаков Г.И., Лифанов И.И. Основные вопросы методик дилатометрических исследований. *Известия ВУЗов: Строительство и архитектура*. 1988. 10. С. 137–142.
9. Шишкин А.А. Влияние среды твердения на свойства бетона. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение*. 2001. 15. С. 32–36.
10. Яшин А.В. О некоторых деформативных особенностях бетона при сжатии. *Теория железобетона*. 1982. С. 78–84.
11. Nevander L. Betongrörsledningen i Björnsbyn efter 10 år. *Cement och Beton*. 1984. 2. S. 234–242.

12. Hognestad E., Hanson N.W., Mc Henry D. Concrete stress distribution in ultimate strength design. *ACI*. 1985. Vol. 27. 4. P. 455–479.
13. Чернявский В.Л. Влияние зовнішнього середовища на функціональний стан цементного бетону. *Физико-химическая механика материалов*. 1994. 1. С. 137–139.
14. Чернявский В.Л. Адаптация бетона. Днепропетровск: Нова Ідеологія. 2002. 116 с.
15. Шишкин А.А. Влияние вида наполнителя на прочность реакционных порошковых бетонов. *Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури*. 2015. 60. С. 355–358.
16. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Дослідження впливу нанокаталізу на формування міцності реакційного порошкового бетону. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. 1/6 (79). С. 55–60.
17. Шишкина А.А. Шишкин А.А. Влияние коллоидных поверхностно-активных веществ на прочность мелкозернистых бетонов. *Наука та будівництво*. 2016. 1(7). С. 10–13.

#### REFERENCES

1. Kuznetcova, T.V., Kudriashov, I.V., Timashev, V.V. (1989) Physical chemistry of binders [Fizicheskaiia khimiia viazhushchikh materialov]. Moskva : Vyssh.shk. 384 [in Russian].
2. Solomatov, V.I., Vyrovoi, V.N., Dorofeev, V.S., Sirenko, A.V (1991) Composite building materials and structures with reduced material consumption [Kompozitsionnye stroitelnye materialy i konstrukcii ponizhennoi materialoemkosti]. Kiiv : Budivelnik, 144 [in Russian].
3. Bazhenov, Iu.M. (1978) Concrete technology [Tekhnologiia betona]. Moskva : Vyssh. shk. 449. [in Russian]
4. Bazhenov, B.M., Komar, A.G. (1984) Technology of concrete and reinforced concrete products [Tekhnologiia betonnykh i zhelezobetonnykh izdelii]. Moskva : Stroizdat. 672. [in Russian]
5. Zasedatelev, N.B., Bogachev, E.I. (1981) Mass transfer with the external environment during concrete hardening in air-dry conditions [Massoobmen s vneshnei sredoi pri tverdenii betona v vozdushno-sukhikh usloviakh]. Beton i zhelezobeton. 8. 15–18. [in Russian]
6. Zasedatelev N.B., Petrov-Denisov, V.G. (1983) Heat and mass transfer in concrete of special industrial structures [Teplo- i massoperenos v betone spetsialnykh promyshlennykh sooruzhenii]. Moskva: Stroizdat. 167 [in Russian].
7. Bazhenov, Iu.M. (1981) Criterion for assessing the behavior of concrete in a dry hot climate [Kriterii otsenki povedeniia betona v usloviakh sukhogo zharkogo klimata]. Beton i zhelezobeton. 8. 9–11 [in Russian].
8. Gorchakov, G.I., Lifanov, I.I. (1988) The main issues of dilatometric research methods [Osnovnye voprosy metodik dilatometricheskikh issledovani]. Izvestiia VUZov: Stroitelstvo i arkhitektura. 10. 137–142 [in Russian].

9. Shishkin, A.A. (2001) Influence of the hardening environment on the properties of concrete [Vliianie sredey tverdeniia na svoistva betona]. Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. 15. 32–36 [in Russian].
10. Iashin, A.V. (1982) On some deformative features of concrete in compression [O nekotorykh deformativnykh osobennostiakh betona pri szhatii]. Teoriia zhelezobetona. 78–84 [in Russian].
11. Nevander, L. (1984) Betongrörsledningen i Bjorsbyn efter 10år. *Cement och Beton*. 2. 234–242.
12. Hognestad, E., Hanson, N.W., Mc Henry, D. (1985) Concrete stress distribution in ultimate strength design. ACI. Vol. 27. 4. 455–479.
13. Cherniavskii, V.L. (1994) Influence of the external environment on the functional state of cement concrete [Vpliv zovnishnogo seredovishcha na funktsionalnii stan tsementnogo betonu]. Fiziko–khimicheskaia mekhanika materialov. 1. 137–139. [in Ukraine]
14. Cherniavskii, V.L. (2002) Concrete adaptation [Adaptatsiia betona]. – Dnepropetrovsk: Nova Ideologiya. 116 [in Russian].
15. Shishkin, A.A. (2015) Influence of the type of filler on the strength of reactive powder concretes [Vliianie vida napolnitelia na prochnost reaktivnykh poroshkovykh betonov]. Visnik Odeskoï derzhavnoï akademii budivnitctva i arkhitekturi. 60. 355–358 [in Russian].
16. Shishkina, O.O., Shishkin, O.O. 2016Pre-injection of nanocatalysis on the formation of micro-reaction powder concrete [Doslidzhennia vplivu nanokatalizu na formuvannia mitnosti reaktivnogo poroshkovogo betonu]. Vostochno-evropeiskii zhurnalпередovykh tekhnologii. 1/6 (79). 55–60 [in Ukraine].
17. Shishkina, A.A. Shishkin, A.A. 2016Influence of colloidal surfactants on the strength of fine-grained concrete [Vliianie kolloidnykh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na prochnost melkozernistykh betonov]. Nauka ta budivnitctvo. 1(7). 10–13 [in Russian].

## **НОТАТКИ**

Наукове видання

## РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

Випуск 2(7), 2020

Засновник – Одеський національний морський університет

*Українською, російською  
та англійською мовами*

Видається з жовтня 2016 р.

Формат 70×108/16. Гарнітура Times New Roman.  
Папір офсет. Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 12,25.  
Замов. № 0221/69. Наклад 200 прим.

---

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
Телефон +38 (048) 709 38 69  
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.com.ua](mailto:mailbox@helvetica.com.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.

Scientific publication

# TRANSPORT DEVELOPMENT

**Scientific journal**

**Issue 2(7), 2020**

Founded by Odessa National Maritime University

*In Ukrainian, Russian and English*

Since October 2016

Format 70×108/16. Times New Roman Font.  
Offset. Digital printing. Conventional printed sheet 12,25.  
Order No 0221/69. Edition of 200 copies.

---

Publishing House “Helvetica”  
65101, Ukraine, Odessa, 6/1 Inglizi St.  
Phone +38 (048) 709 38 69  
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.com.ua](mailto:mailbox@helvetica.com.ua)  
Certificate of publishing entity  
ДК № 6424 as of 04.10.2018