Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції

Материалы XIII Международной научно-практической конференции

Materials of the 13th international scientific and practical conference

---

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

MODERN INFORMATION AND INNOVATION TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

MINTT – 2021

Збірник матеріалів конференції

25–27 травня 2021 року	**25–27 мая 2021 года**	**May 25–27, 2021**
Херсон, Україна	**Херсон, Украина**	**Kherson, Ukraine**

УДК 629.5=161.2=111=161.1
С 89

Організатори конференції:

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

Програмний комітет:

Алексішин В.Г. – к.т.н., проф. (Україна);
Аршад А. – д. т. н., доц. (Латвія);
Бідюк П.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Блінцов В.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Букетов А.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Варбанець Р.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Винокурова О.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Гнатушенко В.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Двірна О. – к.т.н., доц. (Польща);
Казак В.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Кондратенко Ю.П. – д.т.н., проф. (Україна);
Куклін В.М. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Леонов В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Любіч О.О. – д.екон.н., проф. (Україна);
Мальцев А.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Маляренко О.Д. – д.т.н., проф. (Білорусь);
Мельнік І.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Осадчий С.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Рева О.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Рожков С.О. – д.т.н., проф. (Україна);
Рябенький В.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Савченко О.Г. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Селіванов С.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Україна);
Хайбин Ю. – директор ПЄМЦЕКО (КНР);
Ходаков В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Хомченко А.Н. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Янутенене Й. – д.т.н., проф. (Литва).

Організаційний комітет:

голова — Чернявський Василь Васильович – ректор Херсонської державної морської академії;
заступник голови — Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи;
члени комітету: — Настасенко Валентин Олексійович – професор кафедри транспортних технологій;
Абрамов Геннадій Серафимович – доцент кафедри судноводіння;
Блах Ігор Володимирович – вчений секретар, начальник відділу технічної інформації;
Врублевський Роман Євгенович – начальник редакційно-видавничого відділу;
Клементьєва Оксана Юріївна – технічний секретар, провідний фахівець редакційно-видавничого відділу.

С 89 Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2021) : збірник матеріалів XIII Міжнародної науково-практичної конференції, 25–27 травня 2021 р. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. – 364 с.
ISBN 978-966-2245-81-3

У збірнику представлено матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 25–27 травня 2021 р. і була присвячена актуальним питанням застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

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

УДК 629.5=161.2=111=161.1

ISBN 978-966-2245-81-3
© ХДМА, 2021

УДК 629.5=161.2=111=161.1
С 89

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

Program Committee:
V. Aleksishyn – Ph.D in Technical Science, Prof. (Ukraine);
A. Arshad – Doctor of Technical Science, Assoc. Frof. (Latvia)
P. Bidiuk – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Blintsov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
A. Buketov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
R. Varbanets – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Vynokurova – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Hnatushenko – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Dvirna – Ph.D in Technical Science, Assoc. Frof. (Poland);
V. Kazak – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
Yu. Kondratenko – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Kuklin – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Prof. (Ukraine);
V. Leonov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Liubich – Doctor of Economics, Prof. (Ukraine);
A. Maltsev – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Maliarenko – Doctor of Technical Science, Prof. Belarus);
I. Melnik – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
S. Osadchyi – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Reva – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
S. Rozhkov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Riabenkyi – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
O. Savchenko – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Prof. (Ukraine);
S. Selivanov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
V. Kharchenko – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
Yu. Khaibyn – director of PEMCEKO (PRC);
V. Khodakov – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
A. Khomchenko – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Prof. (Ukraine);
M. Tsymbal – Doctor of Technical Science, Prof. (Ukraine);
Y. Yanutenene – Doctor of Technical Science, Prof. (Lithuania).

Organizing Committee:
Head — Vasyl Cherniavskyi – Rector of Khewrson State Maritime Academy;
Deputy Head — Andrii Ben – Vice Rector for Research;
Committee members: Valentyn Nastasenko – Professor of Department of Transport Technologies and Mechanical Engineering;
Hennadii Abramov – Associate Professor of Navigation Department;
Ihor Blakh – Scientific Secretary, Head of Technical Information Department;
Roman Vrublevskyi – Head of Publishing House;
Oksana Klementieva – Technical Secretary, Leading Specialist of Publishing House.

С 89 Modern Information and Innovation Technologies in Transport (MINTT-2021) : proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference, May 25-27, 2021, Kherson : Kherson State Maritime Academy, 2021. 364 p.
ISBN 978-966-2245-81-3

The collection presents the proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovation Technologies in Transport», which took place in Kherson on May 25–27, 2021 and was devoted to topical issues of modern information and innovation technologies in transport sector.

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

УДК 629.5=161.2=111=161.1
ISBN 978-966-2245-81-3
© KSMA, 2021

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Тринадцятої Міжнародної науково-практичної конференції «*Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2021)»*, метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить у місті Херсоні, що розташоване на мальовничих берегах річки Дніпро, на базі старішого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади України, Білорусі, Латвії, Грузії, Польщі, Литви, Китаю та інших країн зарубіжжя.

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

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

До матеріалів конференції увійшли праці, присвячені проблемам функціонування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у транспортній галузі, проблемам контролю, діагностики і прийняття рішень при управлінні рухомими об’єктами та системного аналізу і математичного моделювання складних об’єктів, також розглядаються питання компетентнісного підходу в підготовці фахівців транспортної галузі, тренажерних систем та людського фактору на транспорті, безпеки судноплавства, проблем надійності та енергозбереження, екологічної безпеки, ресурсозберігаючих технологій.

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

Організатори щиро дякують усім учасникам конференції та сподіваються, що MINTT-2021 стала добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях.

Висловлюємо свою щиру подяку всім авторам доповідей за порозуміння та співпрацю з організаторами.

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

З повагою, Організаційний та Програмний комітети.

FOREWORD

Dear colleagues!

You are holding a proceedings of the Thirteenth International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovation Technologies in Transport (MINTT-2021)», which aims to analyze and summarize new theoretical and applied results in the application of modern information and innovation technologies in transport. The conference is held in Kherson, city located on the picturesque banks of the Dnieper River, on the basis of the oldest maritime institution of our country – Kherson State Maritime Academy. Leading research and educational institutions of Ukraine, Belarus, Latvia, Georgia, Poland, Lithuania, China and other foreign countries take part in organization and work of the conference.

The main task of the conference is to discuss a wide range of new scientific and practical results of modern information technologies application in transport; exchange of ideas and search for new priority areas of research; establishment and development of new contacts in the field of scientific cooperation between educational and research institutions, enterprises of Ukraine and abroad. One of the features of the conference is the involvement of young scientists in the development of the most relevant research areas in transport field.

The conference program includes a plenary session and work of specialists in sections: intelligent decision support systems in the transport industry; training systems and human factor in transport; control, diagnostics and decision-making in moving objects management; shipping safety; system analysis and mathematical modeling of complex objects; reliability and energy saving issues, environmental safety and resource-saving technologies; competency approach in transport professionals training.

The conference materials included works on the functioning of intelligent decision support systems in the transport industry, control, diagnostics and decision-making in moving objects management and system analysis and mathematical modeling of complex objects, as well as the competency approach in transport professionals training, training systems and human factor in transport, shipping safety, reliability and energy saving issues, environmental safety, resource-saving technologies.

We are sure that a wide range of scientific papers of the conference will contribute not only to fruitful analysis and discussion of the above issues, but also the exchange of ideas and opinions, finding priority areas of research, establishing new contacts in the field of scientific cooperation, attracting young scientists to studying the most relevant research areas in transport industry.

The organizers sincerely thank all conference participants and hope that MINTT-2021 was a good continuation of the meetings and communication, which began at previous conferences.

We express our sincere gratitude to all the authors of the reports for their understanding and cooperation with the organizers.

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

Sincerely, Organizing and Program Committees.

СЕКЦІЯ:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ СУДНОВОДІННЯ ЯК ОСНОВНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

Безуглова І.В., Безбах О.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. До основних загальних методів підвищення економічної ефективності підприємств морської галузі сучасної України можна віднести:

1. збільшення вантажообігу у морських торгівельних портах (МТП) нашої держави, забезпечення потреб зовнішньої торгівлі країни у якісних морських перевезеннях;
2. підвищення ефективності використання наявної потужності у вітчизняних МТП та збалансований розвиток нової, з достатньою пропускною спроможністю наземної інфраструктури;
3. покращення сервісу у вітчизняних МТП та забезпечення оптимальної логістики будь-яких вантажів.

Для досягнення зазначеної мети у даних тезісах попередньо рекомендується реалізовувати стратегічні цілі за такими пріоритетними напрямами: збалансований розвиток та ефективне використання портової потужності виключно на інноваційній основі, забезпечення конкурентоздатної логістики та покращення сервісу у вітчизняних МТП, а також оптимізація системи управління галузі МТП. З метою збалансованого розвитку та ефективного використання портової потужності виключно на інноваційній основі в України можна рекомендувати розв'язання завдань, що буде досягнуто в рамках реалізації таких стратегій [1, 3]:

- розробка генерального плану розвитку МТП з урахуванням перспективного розвитку акваторій, програм розвитку автомобільних доріг та залізниці з використанням мультимодальних перевезень та кластеризації;
- модернізація та будівництво портової потужності, особливо стратегічного значення, для ефективного здійснення робіт із обслуговування вантажів та суден у вітчизняних МТП;
- перепрофілювання існуючої портової потужності, що не задіяна у виробничому процесі, на ефективні комплекси з переробки вантажів із залученням приватних інвестицій на умовах державно-приватного партнерства, з фокусом на створення доданої вартості на території МТП України;
- забезпечення формування в межах вітчизняних МТП інвестиційних майданчиків із залученням майна та земель державної, комунальної і приватної форми власності, а також законодавче забезпечення механізмів залучення приватних інвестицій для розвитку об'єктів портової інфраструктури та відповідних під'їзних шляхів на умовах державно-приватного партнерства;
- створення спеціально відведених місць тимчасового розміщення вантажного транспорту із забезпеченням належних умов зберігання вантажу, що відповідають діючим екологічним та санітарним нормам;
- забезпечення відповідності фактичних глибин у МТП України та на підхідних каналах встановленим паспортним характеристикам, створення глибоководних МТП та забезпечення модернізації існуючої портової інфраструктури, що пов’язане з оновленням вітчизняного спеціалізованого флоту для здійснення днопоглиблювальних робіт;
- впровадження інноваційної інфраструктури та технологій, що сприяють автоматизації та роботизації перевантажувальних процесів на морських терміналах, та

«зелених» технологій спрямованих на зменшення шкідливих викидів від виробничих процесів у портах та отримання енергії від альтернативних джерел, що пов'язане із забезпеченням впровадження інноваційних рішень зі створення відповідної інфраструктури для можливості приймання та обслуговування суден, які використовують зріджений газ в якості суднового палива;

- оновлення основних фондів державних стивідорних компаній за рахунок інвестиційних коштів, залучених від приватизації або концесії таких підприємств із застосуванням інноваційних підходів та рішень тощо.

Актуальність дослідження. Саме останнім часом в науковій та діловій сфері постійно піднімаються питання щодо розробки, впровадження та розвитку інтелектуальних систем та інформаційних технологій на будь-якому транспорті, не тільки морському. Вчені та бізнесові кола сходяться на думці, що інтелектуалізація транспорту – це важливий процес, від ефективності реалізації якого залежить зручність кожного пасажира, перевізника вантажу, безпека перевезень та транспортної інфраструктури, а також у цілому зниження транспортної складової у ціноутворенні, тому дане питання є ключовим напрямком у соціально-економічному розвитку будь-якої країни. Необхідно заначити, що одним з перспективних шляхів впровадження інноваційних технічних засобів судноводіння та інформаційних технологій на морському транспорті є використання технології «Internet of Things», IOT, назва якої у перекладі з англійської означає «Інтернет речей».

Результати дослідження. Технологія «Інтернет речей» є мережею підключених пристроїв з унікальними ідентифікаторами у вигляді адрес інтернет-протоколів, що володіють вбудованими технологіями або оснащені технологіями, які дозволяють їм сприймати, збирати дані і повідомляти про середовище, в якому вони знаходяться, і / або про них самих. У морській галузі все частіше використовуються дані, отримані з супутників і датчиків, що зв'язують обладнання, системи і механізми для підтримки прийняття обґрунтованих рішень по оптимізації маршрутів, відстеженню об'єктів і технічному обслуговуванню механізмів [2].

До додатків, які можуть застосовуватися в цій галузі, можна віднести, наприклад, програму, яка використовує дані, отримані за допомогою супутників, для визначення найбільш ефективного маршруту і оцінки термінів прибуття суден в режимі реального часу, а також новітні інтелектуальні контейнери, які використовують датчики і телемеханіку для відстеження показників температури, вібрації, вологості і якості повітря під час морських перевезень.

Наприклад, судноплавні компанії MAERSK та MSC застосовують ці технології для відстеження переміщення рефрижераторних контейнерів. Також «Інтернет речей» все частіше використовується в галузі для поліпшення зв'язку між судном і берегом, для інтелектуального управління трафіком. Більш тісний інтерфейс між суднами та портами включає в себе, наприклад, аналіз великих баз даних для скорочення часу на перевезення і часу, витраченого на вхід суден в порти, або у інші райони з інтенсивним рухом, тим самим сприяючи зниженню перевантаженості МТП [4].

Ініціатива по співпраці щодо діджиталізації між портом Роттердам і IBM сприяє підготовці цього порту для подальшого прийняття суден, які знаходяться на відстані до 42 км з метою підвищення безпеки та ефективності роботи порту. Аналогічну спільну ініціативу проявили також Морська і портова адміністрація Сінгапуру, академічні інститути Сінгапуру і компанія «Fujitsu», з метою впровадження технології «Інтернет речей» і засобів штучного інтелекту, які спрямовані на забезпечення довгострокового прогнозу трафіку, розрахунок точок доступу і формування інтелектуальних координаційних моделей руху суден.

Технологію «Інтернет речей» також використовують для розробки систем, що підтримують навігацію в складній обстановці, наприклад, при несприятливих погодних умовах або на перевантажених водних шляхах. Так, в березні 2018 року компанія «Роллс

Ройс» запустила інтелектуальну систему інформування, до складу якої входять кілька датчиків з інтелектуальним програмним забезпеченням для створення тривимірної моделі суден, які знаходяться поблизу, і небезпечних зон, з метою підвищення безпеки.

Інші сфери застосування технології «Інтернет речей» – дистанційний контроль відходу суден без втручання людини, дистанційний контроль переходу і автоматична постановка в док судна тощо. Як тільки стане можливою фіксація відходу суден в режимі реального часу, з'явиться можливість оптимізувати операції з використанням технології IOT, наприклад, для відстеження резервної потужності, поліпшення зв'язку між різними етапами маршруту перевезення і поліпшення пропускної здатності морських транспортних портів.

Висновки. Є можливість зробити висновок, що інноваційні технічні засоби судноводіння представляють собою ефективний метод підвищення економічної ефективності підприємств морської галуз на сучасному етапі розвитку інноваційних технологій. Ефективним проявом використання інноваційних технічних засобів судноводіння є спільна ініціатива Морської і портової адміністрації Сінгапуру, академічних інститутів Сінгапуру і компанії «Fujitsu», з метою впровадження технології «Інтернет речей» і засобів штучного інтелекту, які спрямовані на забезпечення довгострокового прогнозу трафіку, розрахунку точок доступу і формування інтелектуальних координаційних моделей руху суден.

Технологію «Інтернет речей» також доцільно використовувати для розробки технічних засобів судноводіння, що підтримують навігацію в складній обстановці, наприклад, при несприятливих погодних умовах або на перевантажених водних шляхах. Так, в березні 2018 року компанія «Роллс Ройс» запустила інтелектуальну систему інформування, до складу якої входять кілька датчиків з інтелектуальним програмним забезпеченням для створення тривимірної моделі суден, які знаходяться поблизу, і небезпечних зон, з метою підвищення безпеки.

Використання інноваційних технічних засобів судноводіння підприємствами морської галузі сучасної України – це перший крок до модернізації всієї транспортної системи України. Це дозволить зробити роботу в МТП простіше й ефективніше, а також заощадити кошти і знизити витрати, тобто, як наслідок, зменшиться питома вага транспортної складової у вартості продукції, що на сьогодні є пріоритетним при реалізації державної політики в області розвитку транспортної системи України, яка інтегрується в світовий комунікаційний економічний простір, при формуванні глобалізованих ринкових систем.

Виходячи з вищесказаного, в сучасних умовах актуальним питанням в рамках забезпечення ефективності роботи МТП є формування раціональної сучасної інтелектуальної інформаційної системи взаємного обміну інформацією та оповіщення в середовищі взаємодії учасників транспортного процесу, так як сьогодні можна спостерігати численні дискусії в цьому напрямку, але реальні дії стосуються тільки автоматизації перевізного процесу. Обсяг інформаційного потоку в МТП великий, і тому потрібна автоматизація, уніфікація процесу, удосконалення системи.

В даний час розробляються проекти єдиного інформаційного поля з урахуванням функцій державних контролюючих органів. Перспективним напрямком на сьогодні є створення Міжвідомчої інтегрованої автоматизованої інформаційної системи (МВАІС), яка дозволила б в оперативному режимі приймати рішення при змінах обстановки в акваторії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Винников В.В. Экономика морского транспорта: учебное пособие. Изд. 3-е, перераб. и дополненное. Одесса: Феникс, 2011. 944 с.

2. Лимонов Э.Л. Внешнеторговые операции морского транспорта и мультимодальные перевозки. Изд. 5-е, перераб. и дополненное. Санкт-Петербург: Модуль, 2016. 592 с.

3. Жихарева В.В. Экономические основы деятельности судоходных компаний: учебное пособие. Одесса: Латстар, 2003. 218 с.

4. Боняр С.М. Судоходство река – море (проблемы развития судовладельческих компаний): монография. Одесса: ИПРЭЭИ НАН Украины, 2009. 288 с.

5. Безуглова І.В., Богданов О.С. Дослідження напрямків розвитку сухих портів як частини транспортної інфраструктури та їх впливу на економічну ефективність сучасних підприємств галузі України. Сучасні проблеми морського транспорту та безпека мореплавства: збір. матеріал. X Всеукраїнської студентської наук. конференції. Херсон: ХДМА, 2020. С. 13 – 15.

6. Безуглова І.В., Молдован Є.В. Дослідження особливостей функціонування і розвитку підприємств водного транспорту України, що визначають їх інвестиційну привабливість. Сучасні проблеми морського транспорту та безпека мореплавства: збір. матеріал. X Всеукраїнської студентської наук. конференції. Херсон: ХДМА, 2020. С. 97 – 99.

ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ВИГЛЯДУ СИСТЕМИ ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ НА МОРІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Годованюк С.П., Селіванов С.Є.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. На різних життєвих етапах осмислювання поняття «модель» привело до розробки численних її визначень. Модель виступає як певний інструмент пізнання, який дослідник ставить між собою й об'єктом, і за допомогою якого вивчає зацікавлений об'єкт [1–3]. Аналіз визначень моделі виявив, що під моделлю розуміють уявний логічний, графічний або математичний опис системи.

Поняття «концептуальна модель» (КМ) запропонував англійський психолог А.Т. Велфорд у 1961 р. КМ – це абстрактна модель, що виступає як глобальний образ, що формується в уяві оператора. У розумінні А.Т. Велфорда концептуальна модель дає операторові в людино-машинній системі керування цілісну картину й тому забезпечує можливість співвідносити різні частини процесу із цілим, а відповідно, і діяти ефективно [4].

Б.Ф. Ломов визначив концептуальну модель як деякий динамічний синтез наявної інформації, який сприймається у цей момент [5]. На думку Б.Ф. Ломова, концептуальна модель формується в результаті взаємодії вхідних до її складу структурних і статистичних компонентів. Структурні компоненти пов'язані з аналізом проблемної ситуації, статистичні – з використанням апріорної інформації.

Таким чином, концептуальна модель – це опис властивостей предметної галузі, сукупність яких дає змогу спростити розуміння властивих їй закономірностей, істотних для заданих цілей застосування [6].

Результати досліджень. Формування вигляду системи пошуку та рятування на морі (ПРМ) ґрунтується на дослідженні моделей, одержаних за допомогою різних методів опису досліджуваного об'єкта [7].

Отже, концептуальна модель формування вигляду системи пошуку і рятування на морі є одним зі способів пізнання системи. Її побудова полягає у виділенні найбільш істотних сторін об'єкта з погляду проведеного аналізу.

Аналіз структури й складу діючої служби пошуку та рятування на морі (СПРМ) показує, що її можна розглядати як складну ієрархічну систему. Єдина система пошуку та рятування на морі (ЄСПРМ), як складна система, характеризується значною кількістю ланок і, що найбільш важливо, великою кількістю погоджених взаємодій цих ланок.

Кількість зв'язків між ланками в системі зазвичай наводять як можливу їхню комбінацію [8]:

$$S = g(g-1),$$

де g – кількість ланок (елементів), вхідних в систему.

Дійсні зв'язки в системі найбільшою мірою проявляються при її застосуванні за цільовим призначенням, тобто в процесі її функціонування й відносяться в нашому випадку до динамічних. Поняття динамічної системи виникає тоді, коли з'являється необхідність досліджувати те, як система розвивається в часі [9-11].

Найважливішими властивостями динамічних систем є їхня стійкість, керованість і спостережуваність, тобто збереження системою своєї базової структури й основних функцій, що виконуються протягом певного проміжку часу (t_o, t_k), а також за відносно невеликих і різноманітних зовнішніх впливах і внутрішніх збурюваннях [12]. Стійкість є внутрішньою властивістю системи, а не результатом зовнішнього впливу.

Аналіз [9-12] показує, що сучасна теорія динамічних систем є збірною назвою для досліджень, де широко використовуються й ефективно сполучаються методи з різних розділів математики: топології і алгебри, алгебричної геометрії і теорії міри, теорії диференціальних форм, теорії особливостей і катастроф. На цій підставі формувався вигляд системи пошуку і рятування на морі.

Система пошуку і рятування на морі в Україні створена не як заново спроектована система, а на основі вдосконалювання раніше створеної системи за вимогами IAMSAR. Тому одним із завдань цієї роботи є розроблення концептуальної моделі формування вигляду автоматизованої системи ПРМ, виходячи з основних положень і принципів системного підходу, коли досліджуваний об'єкт перебуває в певній взаємодії з елементами, що включають у себе інші складові системи [13].

Відповідно до принципів системного підходу до складних систем для проведення досліджень використані такі види опису системи: структурний, функціональний і функціонально-структурний. Кожний вид опису формує відповідні типи моделей.

Моделювання стійкості лінійної структури керування наведено в роботі [14].

Для розв'язку практичних завдань використана модель структури [15].

У моделі структури (змістовна модель) описувалися всі елементи системи ПРМ, зв'язки між ними всередині системи й зв'язки деяких елементів з навколишнім середовищем (входи і виходи системи), вказувалися напрямки і типи зв'язків (інформаційний, матеріальний).

У нашому випадку ієрархічна структура розроблена як спосіб організації цілого зі складових частин. Приклад: структура з рятувально-координаційним центром, рятувально-координаційним підцентром, береговими радіоцентрами, постами оповіщення ще не єдина система пошуку і рятування в морській зоні відповідальності України. Щоб цей набір центрів та підцентрів став єдиною системою, необхідно встановити між цими елементами певні зв'язки-відносини.

Такий принцип дає змогу приділити увагу структурі системи, провести дослідження взаємозв'язків усередині системи методами структурного аналізу.

Математично структурні властивості СПРМ можуть бути подані графом структури комплексу або у вигляді матриці відносин між його елементами [16].

Для відображення властивостей і зв'язків, наочної інформації про склад і структуру системи найбільше поширення одержали теоретико-графові моделі [17-19].

Уведення теоретико-графових моделей дозволяє дати наочну інформацію про структуру морської пошуково-рятувальної системи в зоні відповідальності України [20]. Застосування ймовірнісних структурно-топологічних характеристик графів зв'язків між елементами структури в різних умовах її функціонування дозволяє вирішувати широке коло завдань системи пошуку і рятування із заданими показниками ефективності та якості [21-23].

Порівняльний аналіз різних варіантів структури СПРМ дав змогу виділити різні рівні її структурного опису як системи, виявити істотні зв'язки між основними структурними елементами з певним ступенем спрощення. Однак графічні структурні моделі СПРМ не дають досить повного уявлення про зв'язки і відносини в структурі системи, що виникають у процесі його функціонування. Річ у тім, що структура є «кістяком» системи і відбиває тільки найбільш явні і незмінні зв'язки в ній.

Дійсні зв'язки в системі найбільшою мірою проявляються при її застосуванні за цільовим призначенням, тобто в процесі її функціонування. Оскільки ці зв'язки є динамічними, то їх опис потребує введення тимчасових функцій. Можливості опису динамічних властивостей значно розширюються при функціональному описі СПРМ.

Функціональний опис може проводитися за допомогою тимчасових діаграм, функціональних схем, алгоритмів роботи системи, функціональних моделей [24].

Маючи уявлення про процеси функціонування СПРМ, такі функціональні моделі не дозволяють чітко визначити властивості кожної ланки функціональної моделі і не повною мірою відображають усі істотні зв'язки в системі.

Більш докладну характеристику функціональних зв'язків, з урахуванням логічної взаємодії окремих елементів системи, дають спеціальні методи дослідження функціонального аналізу систем: метод професійного аналізу, метод логічного ланцюга, метод «чорного ящика».

Метод професійного аналізу є найбільш давнім і апробованим способом визначення функцій системи, при якому за допомогою таких відпрацьованих методів, як аналіз, абстрагування і використання професійного досвіду фахівців у даній і суміжній областях досліджень, виявляються функції аналізованої системи [25].

Функціональні моделі, на відміну від структурних, імітують функціонування оригіналу. Функціональні моделі СПРМ розроблялися для того, щоб одержати загальне уявлення про процес порятунку на морі. Типовим прикладом функціональної моделі може слугувати так званий «чорний ящик» – об'єкт, функціонування якого визначається станом його виходу залежно від стану входу в різні моменти часу [26, 27].

В якості смислового прикладу, для системи ПРМ під час рятування судна, що терпить лихо, не обов'язково знати склад самої системи й механізм впливу її компонентів на систему, а важливо те, що при цьому відбулося рятування людей, вантажу й судна.

Метод «чорного ящика» у цьому випадку ґрунтується на аналізі відмінностей між вхідною позицією в динаміці розвитку системи й вихідною позицією, тобто станом системи в момент застосування або після виконання певних цільових завдань. З аналізу відмінностей між двома станами системи виявляється основна функція об'єкта досліджень як цілеспрямованої системи.

Метод логічного ланцюга ґрунтується на поступовому розкритті всієї послідовності зв'язаних функцій, які характеризують структуру аналізованої системи. При такому підході проводиться опис логічних функцій і їх систематизація в процесі функціонування системи [28].

Прикладом такого підходу в дослідженні систем слугує методика систематизованого аналізу функцій (Functional Analisis Sistem Techigue FAST), запропонована Чарльзом Байтуеєм в 1965 р. [29].

Процедура систематизованого аналізу функцій FAST ґрунтується на застосуванні детермінованої логіки і передбачає побудову діаграм функцій, що нагадують мережеві графіки. У такій системі лінію критичного шляху становлять ті функції, які дозволяють перевірити правильність формулювання і класифікації функцій за допомогою системи логічних тестів. Однією з найважливіших особливостей побудови діаграми FAST є виявлення функцій критичного шляху.

«Мозкова атака» – метод активізації творчого мислення, використовується для одержання великої кількості оригінальних ідей за короткий проміжок часу. Процедура «мозкової атаки» проводиться за спеціальними правилами, тривалість одного сеансу – 40–60 хв. Використовується для вирішення проблем різного рівня структуризації. Метод універсальний і застосовується для розв'язку будь-якого завдання організації [30].

Найбільш цілковите відбиття процесу функціонування системи дає функціональна модель (ФМ) [31]. Функціональна модель системи/об'єкта являє собою логіко-графічне зображення складу і взаємозв'язків функцій системи, об'єкта, одержуване шляхом їхнього формулювання й установлення порядку підпорядкування. Саме при розробці ФМ виявляються основні причинно-наслідкові зв'язки об'єкта функціонального аналізу, визначаються пошуки функції.

Функціональна модель, що містить тільки корисні функції, є відпрацьованою функціональною моделлю. Така модель являє собою ідеальну структуру аналізованого

об'єкта без прив'язування до яких-небудь носіїв (операцій виробничих процесів, підрозділів організації тощо).

Функціональна модель може мати кілька ієрархічних рівнів. Перший рівень – зовнішні функції, другий і наступні рівні – внутрішні функції.

Кожен рівень, що знаходиться нижче, визначає сукупність дій, зумовлених технологією реалізації функцій вищих рівнів. Ступінь деталізації окремих функцій на функціональній моделі по рівнях ієрархії може бути різним. Отже, при формуванні функціональної моделі необхідно перевіряти, щоб кожна виділена функція мала конкретну цілеспрямованість і визначеність змісту, враховувалися би внутрішньо системні відносини кожної частини системи, у змісті (формулюванні) повинні відбиватися характерні ознаки самої системи і системи більш високого рівня, тому для вирішення нашого завдання вона менш дієва.

Висновки. Актуальність науково-технічних та перспективних досліджень в даної роботі визначається у першу чергу потребою підвищення оперативності пошуково-рятувальних робіт на морі причому в умовах впливу різних дестабілізуючих чинників, що спричиняють невизначеність ситуації. Це зумовлює необхідність розв'язання наукової задачі, яка полягає в розробленні моделей і методів управління пошуково-рятувальними операціями на морі в умовах невизначеності. Для цього виконаний аналіз публікацій щодо розробки і удосконалення моделей і методів пошуку і рятування на морі в умовах невизначеності стану оточуючого середовища, аварійного судна та кількості суден, що проходять через його акваторію для вибору управління в системі «СПРМ – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація».

Порівняльний аналіз спільного використання структурних і функціональних методів під час опису великих систем різного призначення дає змогу в наступних роботах виявити основні закономірності формування вигляду єдиної системи пошуку і рятування на морі, дослідити взаємозв'язок усередині цієї системи, як мережевої структури, використовуючи теоретико-графові моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Уёмов А.И. Логические основы метода моделирования / А.И. Уёмов.– М.: Мысль, 1971. – 311 с.
2. Чернышев В.Н. Теория системи, системный анализ : учебное пособие / В.Н. Чернышев, А.В. Чернышов. – Тамбов: Изд-воТГТУ, 2008. – С. 96.
3. Неуймин Я.Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика / Я.Г. Неуймин : под ред. Н.С. Соломенко. – Л.: Наука, 1984. – 192 с.
4. Welford A.T. On the human demands of automation: Mental work conceptual model, satisfaction and training. (англ.) / A.T. Welford Industrial and business psychology. 1961. Vol. 5. – P. 182–193.
5. Ломов Б.Ф. О системном подходе в психологии // «Вопросы психологии», № 2, 1975, – С. 31 – 45.
6. Кирилов Н.П. Концептуальная модель процессов управления функциональными состояниями технических систем и возможности ее прикладного использования / Н.П. Кирилов – Санкт-Петербург: ИММОД, 2011. – С. 168 – 171.
7. Самохвалов Ю.Я. Формирование технического облика автоматизированных систем. Регистрация, сбережение и обработка данных / Ю.Я. Самохвалов, Е. М. Науменко, О.И. Бурба. 2011. Т.13, № 3. – С. 51 – 61.
8. Лапыгин Ю.Н. Теория организации / Ю.Н. Лапыгин. Инфра. – М.: 2007. – 311 с.
9. Динамическая система [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/.
10. Балаганский И.А. Прикладной системный анализ : учебное пособие / И.А. Балаганский. – Новосибирск: НГТУ, 2013. – 119 с.

11. Анищенко В.С. Динамические системы / В.С. Анищенко Соровский образовательный журнал, № 11, 1997. – С. 77 – 84.

12. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – 3-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.

13. Первозванский А.А. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация / А.А. Первозванский, В. Г. Гайцгори. – М.: Наука, 1979. – 344 с.

14. Годованюк С.П. Моделирование устойчивости линейной структуры управления / Селиванов С.Е., Самсонкин В.Н. // V Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – образование, наука, практика» (Херсон, 13–15.09.2018). – С. 13-18.

15. Воронин А.В. Моделирование технических систем. Учебное пособие / А.В. Воронин. – Томск: Политех. универ. 2013. – С. 130.

16. Зыков А.А. Основы теории графов / А.А. Зыков. – М.: Вузовская книга, 2004. – 664 с.

17. Березина Л.Ю. Графы и их применение / Л.Ю.Березина. – М.: Просвещение, 2009. – 152 с.

18. Домнин Л.Н. Элементы теории графов: учеб. Пособие / Л.Н. Домнин. – Пенза: Изд-во Пен. Гос. ун-та, 2007. – 144 с.

19. Ore Oystein. Theory of Graphs / Oystein Ore. [пер. с англ.] Изд. 2. Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 354 с.

20. Белоус И.А. Структурное моделирование. Презентация / И.А. Белоус. – Владивосток: Универ. эконом. и сервиса. 2013. – 28 слайдов.

21. Bollobas B. Modern Graph Theory. Corrected ed. Springer / B. Bollobas. 2013. – 394 p.

22. Steen M. Graph Theory and Complex Networks: An Introduction / M. Steen. 2010. – 300 p.

23. Godsil C., Royle G.F. Algebraic Graph Theory. Springer / C. Godsil, G..F. Royle, 2001. – 443 p.

24. Кузьмина Е.А. Функциональное моделирование / Е.А. Кузьмина, А..М. Кузьмин. – М.: Машиностроитель, 2002. – № 2. – С. 40 – 47.

25. Гульковский А.В. Управленческое консультирование. Вопросы и ответы / А.В. Гульковский, В.Н. Рысюк. – М.: Юркнига, 2004. – 288 с.

26. Эшби У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби [пер. с англ. под ред. В.А. Успенского] – М.: ИЛ, 1962. – 432.

27. Сайед М. Принцип «черного ящика». Как превратить неудачи в успех и снизить риск непоправимых ошибок / Мэтью Сайед. –М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2016. – 352 с.

28. Киносита К. Логическое проектирование / К. Киносита, К. Асада, О. Карацу. СБИС. Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 310 с.

29. Умбетов Е.С. Функциональный и структурный анализ системы микроГЭС (с использованием методики FAST) / Е.С. Умбетов, К.А. Бакенов. Журнал Современные наукоемкие технологии. № 1, – Алматы: 2014. – С. 52 – 55.

30. Ефимов В.В. Управление знаниями: учебное пособие / В.В. Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 111 с.

31. Кутышкин А.В. Функциональный анализ систем : учебное пособие / А.В. Кутышкин. – Ханты-Мансийск: ЮГУ, 2015. – 39 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЕКІПАЖАМИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН НА ЕТАПІ НАЗЕМНОГО РУХУ

Дмітрієв О.М., Сорока М.Ю., Сало Н.А., Землянський А.В.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Безпека польотів є головним пріоритетом діяльності Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO). Для того щоб здійснювати постійне підвищення рівня безпеки польотів, важливо щоб відбувалось планування на глобальному, регіональному та державному рівнях. Протягом останніх декількох років ICAO використовувала підхід до просування безпеки міжнародної цивільної авіації з більшою орієнтацією на практичні дії. Організація удосконалює практику управління безпекою шляхом впровадження систем управління безпекою польотів - для постачальників аеронавігаційного обслуговування, та реалізації відповідної програми щодо забезпечення безпеки польотів - для регулятивних органів. ICAO продовжує встановлювати пріоритети в трьох сферах забезпечення безпеки польотів: підвищення безпеки операцій на злітно-посадкової смузі, скорочення кількості авіаційних подій з причини зіткнення справного повітряного судна (ПС) із землею та скорочення кількості авіаційних подій та інцидентів, пов'язаних із втратою керування в польоті.

Руліжні доріжки і злітно-посадкова смуга є початковим і завершальним етапом польоту ПС. Дані за останні кілька років показують, що злітно-посадкова смуга - це також і одна з зон найбільшого ризику. В нашій роботи ми розробляємо алгоритми прийняття рішень екіпажами повітряних суден (ЕПС) на етапі наземного руху.

На рисунку 1 показаний алгоритм прийняття рішень ЕПС на етапі наземного руху. У кожен момент часу послідовно проводятся наступні процедури: будується зона безпеки ПС, розмір якої залежить від поточної швидкості руху ПС, потім проводиться розмір зони тривоги (з урахуванням стану підстилаючої поверхні), далі будується зона видимості (з урахуванням напрямку руху ПС та видимості), а потім для ПС, які потрапляють в зону тривоги і зону видимості із застосуванням системи випереджаючого моделювання проводиться розрахунок можливого порушення безпечних інтервалів.

Розглянемо представлений алгоритм докладніше. Алгоритм прийняття рішень екіпажами повітряних суден на етапі наземного руху включатиме в себе наступні елементи і процедури:

1. Побудова **зони безпеки повітряного судна** на етапі наземного руху. Ця зона безпеки враховує необхідні інтервали поздовжнього ешелонування між повітряними суднами. Порушення зони безпеки повітряного судна буде інтерпретуватися, як неприпустимий стан і алгоритм прийняття рішень екіпажами повітряних суден на етапі наземного руху повинен уникати виникнення такого стану. Розмір зони безпеки повітряного судна на етапі наземного руху залежить від швидкості наземного руху повітряного судна та прискорення його гальмування. Робота алгоритму спирається на систему випереджального моделювання моделюючого комплексу Fusion.

2. Побудова **зони тривоги для екіпажу повітряного судна** з урахуванням стану поверхні злітно-посадкової смуги та руліжних доріжок. Зоною тривоги ми будемо називати область простору, побудовану за прикладом зони безпеки повітряного судна, але з урахуванням впливу стану поверхні злітно-посадкової смуги та руліжних доріжок. Для коригування розмірів зони безпеки до розмірів зони тривоги ми пропонуємо використовувати коефіцієнти впливу стану поверхні на довжину гальмівного шляху. Наприклад, для поверхні, покритої водою або мокрим снігом такий коефіцієнт буде дорівнювати значенню 2, а для поверхні, вкритою мокрим льодом коефіцієнт буде

дорівнювати значенню 5. На рисунку 2 нами наведені розміри зони тривоги для екіпажу повітряного судна для деяких типів повітряних суден.

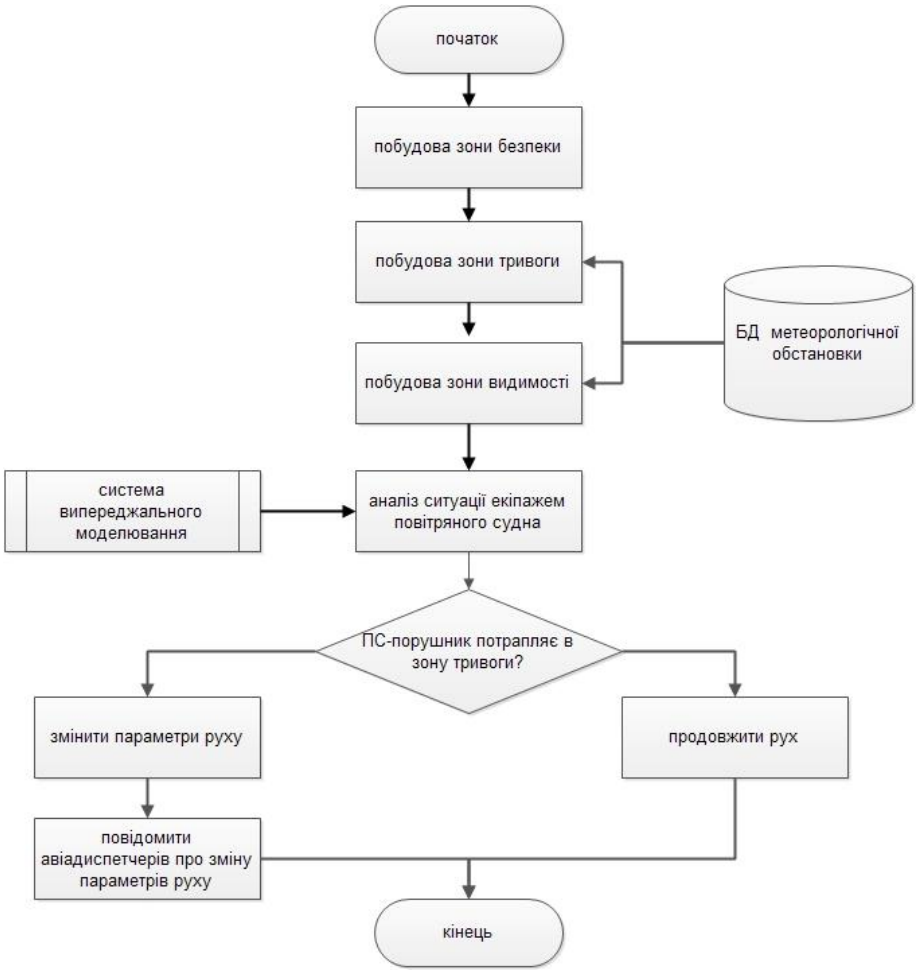


Рисунок 1 – Алгоритм прийняття рішень екіпажем повітряного судна на етапі наземного руху

№	Тип ПС	$V_{гальм}$, узли	$S_{сп}$,м	$S_{ус}$,м	$S_{мл}$,м
1	B737	13	160	320	900
2	A320	15	185	370	925
3	Ан140	14	172	344	860
4	A319	12	148	296	740
5	B757	13	160	320	800

Рисунок 2 – Значення розміру зони тривоги

Таким чином, при погіршенні стану поверхні ЗПС і РД екіпажі повітряних суден можуть зменшувати швидкість наземного руху для уникнення порушення безпечних інтревалів. Диспетчерам слід враховувати цю обставину при розрахунку параметрів руху повітряних суден по льотному полю.

3. Побудова **зони видимості екіпажу повітряного судна**. Після побудови зони безпеки повітряного судна і зони тривоги екіпажу повітряного судна нам необхідно визначити ті повітряні судна, які потрапляють в сектор огляду екіпажу повітряного судна і можуть впливати на прийняття рішень екіпажами. Для вирішення цього завдання ми вводимо поняття зони видимості екіпажу повітряного судна. Це обсяг простору, який видно екіпажу на етапі наземного руху. Зрозуміло, що зона видимості располагається в передній півсфері повітряного судна у напрямку його руху. Побудова зони видимості складається з

2 етапів - побудова сектора огляду екіпажу повітряного судна та побудова радіусу видимості. Сектор огляду екіпажу повітряного судна може залежати від типу повітряного судна (особливостей кабіни екіпажу повітряного судна). Для цілей нашого дослідження ми приймемо сектор огляду однаковим для всіх типів повітряних суден і рівним 120 градусам по напрямку вектора руху повітряного судна.

Радіус видимості для моделі сектора огляду екіпажу повітряного судна ми приймемо рівним дальності видимості на поточній ділянці льотного поля. Алгоритм побудови зони видимості екіпажу повітряного судна і перевірки попадання іншого повітряного судна в зону видимості показаний на рисунку 3.

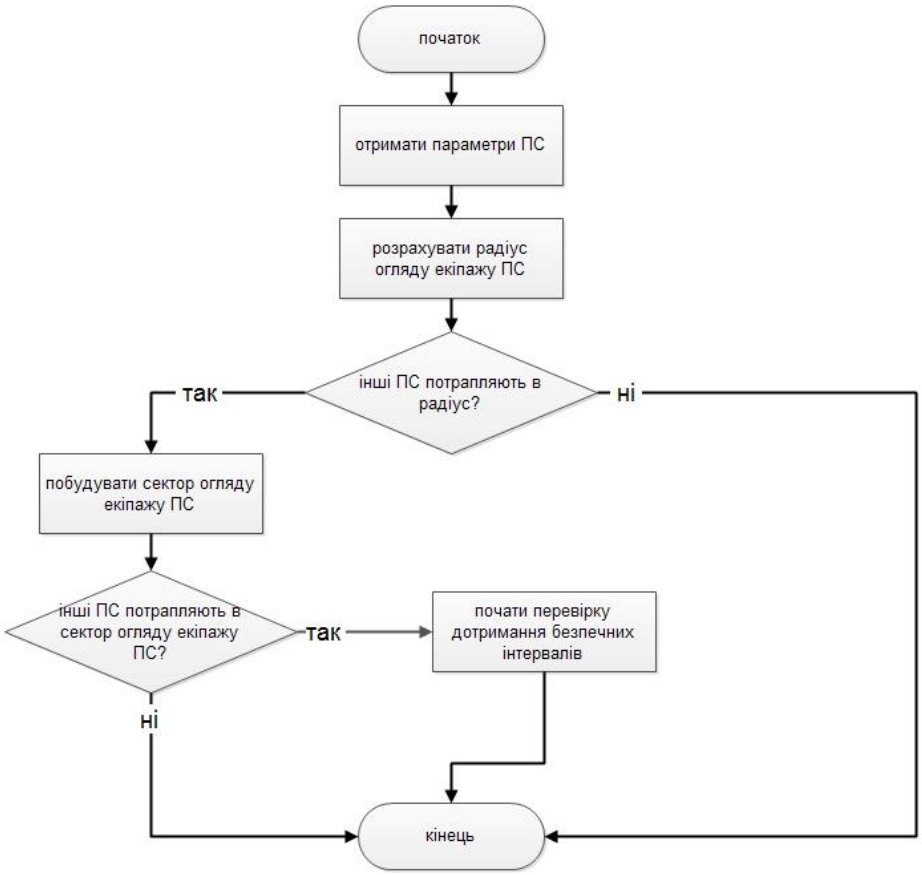


Рисунок 3 – Алгоритм роботи моделі зони тривоги екіпажу повітряного судна

4. Аналіз поточної повітряної обстановки з урахуванням перерахованих в п.п.1-3 зони безпеки повітряного судна, зони тривоги екіпажу повітряного судна та зони видимості екіпажу повітряного судна. Аналіз включає в себе наступні складові елементи: виявлення повітряних суден, що потрапляють в зону тривоги екіпажу повітряного судна (з урахуванням зони видимості), аналіз тенденції зміни взаємного положення повітряних суден (призведуть поточні параметри руху повітряних суден до порушення зони безпеки повітряного судна), в разі виявлення потенційного порушення зони безпеки повітряного судна - вибір рішення щодо зменшення швидкості руху повітряного судна або повного припинення його руху. У моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера Fusion є інструмент прогнозування, який дозволяє виявляти порушення встановлених правил ешелонування, і так звана Система Випереджального Моделювання (СВМ). Система випереджального моделювання побудована за принципом розрахунку розвитку ситуації, за умови відсутності додаткових вказівок з боку авіадиспетчера, на час прогнозування розвитку динамічної повітряної обстановки.

До переваг цієї системи можна віднести:

- максимально-можливу точність виявлення потенційних порушень інтервалів ешелонування;
- точне прогнозування часу виникнення конфліктної ситуації;
- відносно мала ресурсомісткість системи при проведенні прогнозування.

До складу вищезгаданої системи входять три наступні підсистеми:

Індикація потенційно-конфліктних ситуацій на екрані індикатора відображення динамічної повітряної ситуації.

Багаторівнева система видачі рекомендацій. До її функцій відносяться:

- виявлення потенційно конфліктної ситуацій;
- виявлення пари повітряних суден, між якими прогнозується конфлікт;
- визначення типу потенційно конфліктної ситуації;
- видача рекомендацій щодо методів вирішення потенційно конфліктної ситуації.

Система визначення своєчасності прийняття рішення.

Для формування рекомендації по вирішенню потенційно-конфліктних ситуацій, в моделюючому комплексі Fusion задіяна багатомодульна система випереджального моделювання. Опираючись на можливості, що надаються цією системою, ми можемо визначити момент, коли повинна активуватися бортова система попередження зіткнень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по системам управления наземным движением и контроля за ним, ICAO, Doc 9476-AN/927, Монреаль, Канада. 1986.
2. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля за ним (A-SMGCS). Doc 9830 AN/452, Монреаль, Канада. 2004.
3. Руководство по предотвращению несанкционированных выездов на ВПП. Doc 9870 AN/463, Монреаль, Канада. 2007.
4. Состояние поверхности ВПП: оценка, измерение и представление данных, ICAO, Cir 329 AN/191, Монреаль, Канада. 2012.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЯРИЗОВАНОГО ОПЕРАТОРА ВІДНОВЛЕННЯ КЕРОВАНОСТІ ЛІТАКА В УМОВАХ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ У ПОЛЬОТІ

Казак В.М., Ковбич Т.К., Лазарчук Є.П.
Національний авіаційний університет
(Україна)

Представлені концептуальні основи відновлення керованості літака в умовах раптового виникнення особливої ситуації у польоті (ОС). Введено поняття регуляризувального оператора відновлення керованості і стійкості літака в ОС у польоті. Доведена відповідна теорема.

Вступ. У сучасних повітряних кораблів (ПК), що побудовані з використанням конвергентних технологій, з'явилася можливість парирувати наслідки раптово виникаючих нештатних ситуацій (НС) у польоті за рахунок реконфігурації параметрів управління, або структури системи керування, або рухомих частин компоновки ПК (керуючі поверхні, закрилки, передкрилки, кінцеві консолі крила, спойлери, вектор тяги двигунів, шасі і т. ін.), або мети польоту. З іншого боку, для реалізації запропонованої концепції [2] потрібно мати концептуальні основи відновлення керованості ПК в умовах неочікуваної появи НС. У той же час неможливо для кожної НС скласти особистий (такий, що відповідає даній НС) алгоритм керування. Тому виникає потреба у створенні теоретичних основ, та на їх основі побудувати регуляризувальний оператор відновлення керованості і стійкості ПК в умовах НС у польоті.

Викладення основного матеріалу. Завдання траєкторного керування ПК зводиться до того, щоб знайти таку функцію керування $u(t)\epsilon U$, для якої для заданих початкових умов $x(t_0)=x_0$ і заданих кінцевих x_K умов існує деяке значення $t_K\epsilon\Delta$, за якого виконується умова $x(t_K)=x_K$.

В еквівалентному формулюванні задача траєкторного керування зводиться до знаходження розв'язку нелінійного операторного рівняння

$$A(u)=Z_1, \tag{1}$$

де $Z_1=X_0-X_1; A$- нелінійний оператор, що діє з простору $F:\Delta x R^m$ у простір $E:R^n$, такий, що

$$A:\int_{t_0}^{t_k} f(x,u,\xi,t)dt, \tag{2}$$

де *E,F* – метричні простори.

Така постановка завдання належить до класу некоректно поставлених [2,3], оскільки, по-перше, з $A(u_1)=A(u_2)$ у загальному випадку не випливає, що $u_1=u_3$, по-друге, для оберненого оператора A^{-1} не виконується умова неперервності.

Метод розв'язання некоректних завдань полягає в побудові регуляризувального оператора [2] $u=R(Z)$, такого, що з $\rho_E(Z_1,Z_2)\le\delta$ випливає $\rho_E(Z_1,Z_2)\le\varepsilon; u_1=$

$=R(Z_1); u_2=R(Z_2)$. Розв'язання доцільно виконувати відповідно до варіаційного принципу добору можливих розв'язків, для чого необхідно задати деякий невід'ємний згладжувальний (стабілізуючий) функціонал.

Виходячи з фізичних міркувань, стабілізуюий функціонал доцільно вибрати таким, який якомога повніше відповідав би поставленому завданню. Наприклад, у разі виникнення аеродинамічних пошкоджень літака важливо миттєво відновити його прийнятні характеристики керованості та стійкості. У цьому випадку стабілізувальним функціоналом може стати час відновлення характеристик керованості [2]:

$$J_1(u) = \int_{t_0}^{t_1} dt = t_1 - t_0. \tag{3}$$

Для високоманевреного ПК доцільно як стабілізувальний функціонал обрати функціонал, який характеризує витрати на відновлення керування:

$$J_2(u) = \int_{t_0}^{t_k} (u_1^2 - u_2^2)dt. \tag{4}$$

Якщо ж відобразити залежність змінних стану від параметрів керування, то стабілізувальний функціонал матиме вигляд [1, 2, 8,]

$$I = P[x(t_k), t_k] + \int_{t_0}^{t_1} Q(x,t)dt + \frac{1}{2}\int_{t_0}^{t_k} u^{\mathrm{T}} K^{-1} u dt \to \min, \tag{5}$$

де P – термінальний член функціонала, що містить вимоги до руху літака в кінцевий момент t_k, наприклад посадка літака; Q – підінтегральна функція якості перехідних процесів руху літака; K – додатно визначена не вироджена матриця ре конфігурації керування.

Зв'язок векторів стану та керування з узагальненим показником якості описано таким виразом:

$$\hat{H}(x, \frac{dV}{dx} u, t) = Q + L + \frac{dV}{dx} F, \tag{6}$$

де $\hat{H}(x, \frac{dV}{dx} u, t)$ - гамільтоніан; *V*- деяка диференційована функція, визначена в X^n, $[t_0, t_k]$; $\frac{dV}{dx}$ - матриця-рядок, елементами якої є частинні похідні вектора стану *x(t).*

Регулярність $\hat{H}$ та існування розв'язку *V(x,t)* рівняння Гамільтона-Якобі

$$\frac{dV}{dt} + \hat{H}[x, \frac{dV}{dx}, u_{opt}(x, \frac{dV}{dx}, t), t] = 0, \tag{7}$$

який при $t = t_k$ набуває значення

$$V[(x(t_k), t_k] = V_{\text{зад}}[(x(t_k), t_k], \tag{8}$$

забезпечує оптимальне керування $u_{\text{opt}} = -K \frac{dV^{\mathrm{T}}}{dx}$ за умови оптимальної оцінки стану літака у польоті.

У процесі досліджування виникає потреба в мінімізації змінних руху, відмінних від тих, що виражені у векторі стану, і які утворюють частину вектора спостереження. У цьому випадку функціонал набуває такої залежності:

$$J_3(u) = \int_{t_0}^{t_k} (Y^{\mathrm{T}} Q Y + U^{\mathrm{T}} G U) dt, \tag{9}$$

де матриці *Q і G* обираються для задання вагових коефіцієнтів елементів векторів стану, вимірювання і керування відповідно.

Уведемо в розгляд множину $F_1 \subset F$, на якій задача (*I*) має розв'язок, і візьмемо множину F_1 за область визначення функціоналів $J_1 - J_3$.

Функціонали J_3 є стабілізувальними, оскільки множини M_i визначаються

$$M_1 = \{u \in F_1 : J_1(u) \le c\}, i = \overline{1,3}. \tag{10}$$

де *i* – компоненти в матриці простору *c (a,b)* для кожного $c > 0$.

Це твердження випливає з теореми Арцела [1, 2]. Разом із тим для функцій кусково-неперервних, спостережувальних і описувальних функціонали $J_1 - J_2$ не є стабілізувальними. Тому керування будемо шукати в класі неперервних обмежених функцій.

Теорема. Нехай залежність (*1*) має більш ніж один розв'язок і u_m - розв'язок рівняння (*1*) такий, що

$$J(u_m) = \min J(u). \tag{11}$$

Тоді оператор

$$u = R_1(z) = \min J(u) \tag{12}$$

є регулювальним.

Розглянемо множини [2]:

$$F_{1\delta} = F_1 \cap Q_\delta; \tag{13}$$

$$Q_\delta = \{u : p_E[A(u), z] = 0, \rho_E(z_i, z) < \delta\}, \tag{14}$$

де F_1 - область визначення функціонала *J*.

Знайдемо $u_1 \in F_{1\delta}$ таке, що $u_1 = \max J(u)$.

Множина

$$F_m = \{u : J(u) \le J(u_1)\} \tag{15}$$

є компактною внаслідок визначення стабілізувального функціонала.

Оберемо послідовності:

$$\{\delta_n\} : \lim \delta_n = 0; \tag{16}$$

$$\{z_n\} : \rho_E(z_i, z_m) \le \delta_m; \tag{17}$$

$$\{u_m\} : \rho_E[A(u_m), z_n] = 0, J(u_n) = \min J(u). \tag{18}$$

Оскільки F_m компактна, то можна виділити запобіжну послідовність $\{u_m\} \subset \{u_n\}$ таку, що $\lim u_m = \bar{u}$.

Для $\{u_m\}$ виконується $\rho_E[A(\bar{u}), z_m] = 0.$ Переходячи до межі, дістаємо $\rho_E[A(\bar{u}), z_m]$, звідки маємо, що $\bar{u} = u_m$. Таким чином, для кожного $\varepsilon \ge 0$ існує $\delta \ge 0$ і з $\rho_E(z, z_m) \le \delta$ виникає, що $\rho_E(u, u_m) \le \varepsilon$ і оператор (9) є регуляризувальним. Теорему доведено.

Міркуючи аналогічно доведенню теореми, визначаємо, що оператор

$$u_\delta = R_2(z, \delta) : \begin{cases} \min J(u), \\ u \in U, \\ \rho_E[A(u), z] = \delta, \end{cases} \tag{19}$$

є регуляризувальним для задачі з неточно заданими даними з параметром δ, таким, що $u_\delta \to u_m$ при $\delta \to 0$. Тут u_m - точний розв'язок.

Висновки. Користуючись розробленою концепцією, алгоритмом відновлення керованості і стійкості літака у польоті, можна компенсувати хибні дії зовнішніх факторів (зіткнення зовнішніх обводів ПК з механічними, біологічними та електричними формуваннями) й внутрішніх процесів (незлагоджені дії членів екіпажу, раптова втрата працездатності члена екіпажу та ін.)

Застосування положень доведеної теореми дозволяє розробляти регуляризувальний оператор для задачі з неточно зазначеними даними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полетом. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 232 с.

2. Казак В.М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті: монографія /В.М.Казак.–К.: Вид-во. НАУ-друк,2010.–284с.

3. Казак В.М. Метод структурного синтезу регулятора для збереження керованості та стійкості літака в умовах нештатної ситуації у польоті / В.М. Казак, Д.О. Шевчук – Львів: Вісник НТУ «Львівська політехніка». – 2011. – №710. – С. 280-287.

4. Kazak V.M. Intellectual decision support system in stocks resources management of airport / V.M. Kazak, D.O. Shevchuk, K.V. Paliy // IV World Congress «Aviation in the XXI-st Century»: Conference Proceedings, 24-26 September 2010. – К. : NAU, 2010. – T.I. – P. 16.9-16.12.

5. Мердер Д.Д. Применение рассчитанных заранее законов управления в реконфигурируемой системе управления полетом// Д.Д. Мердер, Н. Хальо, Дж.Р. Бруссард, А.К. Каглайан – М. Аэрокосмическая техника. 1989. №12. С. 33-42.

6. ИКАО «Ассамблея – 40-я сессия. Исполнительный комитет (doc.98594-th)».

7. Е.П Ударцев Эксплуатационная аэродинамика. Траекторные задачи. Е.П Ударцев, М.А. Переверзев, С.А. Ищенко // - К.:КМУГА, 1998 -.136 с.

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СУДНОВОДІННЯ

Круглий Д.Г., Дружинін О.О., Аппазов Е.С., Безбах О.М., Безуглова І.В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Основна ознака сучасного розвитку світового господарства – це розгортання процесів глобалізації, які суттєво впливають на систему міжнародних економічних відносин, визначають тенденції розвитку національних економік, посилюючи їх взаємозв'язок. Важливе значення набуває пошук оптимальних схем організації та обслуговування транснаціональних товаропотоків, з урахуванням динамічного зростання, виникнення якісно нових вимог до ефективності перевезень і питань управління ними, при цьому виникає необхідність підвищення точності планування, аналізу та економічної оцінки роботи як великих транспортних систем в цілому, так і окремих їх елементів.

Актуальність теми дослідження не викликає сумніву: об'єктивне зростання і глобалізація світової економіки, якісні зміни в економіці України, якісне збільшення інтенсивності і обороту транспортних потоків, зміна масштабів комп'ютеризації систем управління і моніторингу найрізноманітніших економічних і просторових процесів вимагають інтелектуальної підтримки управління цими процесами.

Постановка задачі. Основною метою дослідження є проблеми та перспективи розвитку транспортної галузі України. Щоб краще зрозуміти дані проблеми проведено дослідження існуючих, перспективних різновидів ІТ- технологій, річкових інформаційних систем, логістичних методик при плануванні вантажних перевезень та основних показників роботи інфраструктури морського транспорту не тільки України, але, як прикладу, і деяких зарубіжних країн.

Результати дослідження. Інноваційні системи забезпечують вирішення цілої низки управлінських завдань у внутрішньому судноплавстві. Під управлінням перевезеннями розуміється управління транспортним ланцюжком поза рамками судноводіння.

Нами запропонована концепція використання систем інформування та підтримки судноводія при прийнятті рішення на внутрішніх водних шляхах, які дозволять на кінцевому етапі виконання виключити судноводія із процесу управління судном.

Методологія оцінки функціональної стійкості при дії взаємних перешкод базується на дослідженні вірогідності помилки поелементного прийому цифрового сигналу [1, 4].

$$p = 0.5exp\left[-h\frac{1}{(2+h_p^2 g_0^2)}\right] \quad (1)$$

де h^2, h_p^2 - енергетика сигналу і k-ой перешкоди відповідно;
g_0^2- нормований коефіцієнт взаємної різниці (КВР) сигналу і перешкоди в частотно-тимчасовій області.

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

$$p = F(Q, Q_{\text{П}}, Q_{\text{СП}}) \quad (2)$$

де Q, $Q_{\text{п}}$ - безліч варійованих параметрів сигналу і перешкод; $G_{сп}$ - безліч КВР сигналів і перешкод в частотно-тимчасовій області.

Відносний приріст вірогідності помилки і визначає кількісне вираження чутливості характеристики завадостійкості [2,3]. Вираз встановлює зв'язок між функціональною стійкістю інформаційних систем і чутливістю їх характеристик завадостійкості. Отже, коефіцієнти відносної чутливості S, можна розглядати як кількісну міру функціональної стійкості інформаційних систем.

При цьому коефіцієнти відносної чутливості виду

$$S_{qi} = \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta q_i}{q}, \qquad i = 1,2,\dots n;\ S_{q\,ni} = \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta q_{ni}}{q_{ni}}, i = 1,2 \dots m \tag{3}$$

За наявності взаємних перешкод від сусідніх контрольно-коректуючих станцій(ККС) параметрами, що визначають варіаціонно-параметричну стійкість підсистеми і варійованими з метою оптимізації топології поля, є: енергетика сигналу, залежна від потужності передавача, і енергетика похибок, залежна від розташування джерела перешкоди і потужності її передавача. Тоді п і т у вираженні дорівнюють одиниці.

КВР у формулі визначатиметься вираженням [8, с.132].

$$g = \frac{h_n^2}{h^2}\left[\frac{\sin(0{,}5\Omega\mathrm{T})}{0{,}5\Omega\mathrm{T}}\right]^2 = \frac{h_{\text{п}}^2}{h^2} g_0^2 \tag{4}$$

де Ω — розлад частоти сигналу, що несуть, і перешкоди.

Тоді k у виразі також дорівнюватиме одиниці, тобто єдиним варійованим параметром буде Ω.

Розглянемо функціональну стійкість такої характеристики як дальність дії ККС. Максимальна дальність дії ККС *Rmax* в азимутному напрямі визначається співвідношенням:

$$R_{max} = arg\{P_{\text{ош}}(h^2, h_{\text{п}}^2, g_0^2) = p_{reg}\}, \tag{5}$$

де p_{reg} - необхідна вірогідність помилки поелементного прийому повідомлення.

Для випадку «незавмираючий сигнал - перешкода», що завмирає за релеєвським законом, залежність R_{max} від p_{reg} при некогерентному прийомі ФМ сигналів може бути отримана в явному виді. Енергетика сигналу або взаємної перешкоди визначається виразом:

$$h^2 = \frac{PT}{v^2}, \tag{6}$$

де P - потужність сигналу або взаємної перешкоди на вході приймача, Вт;
T- тривалість посилки елементу сигналу, з;
ν^2 - спектральна щільність флуктуаційного шуму, Вт-с.

Потужність в точці прийому визначається виразом:

$$P = \frac{E^2 l_{\text{д}}^2}{\rho} \tag{7}$$

де E - напруженість поля в точці прийому, В/м;
$l_Д$ - діюча висота антени, м;
ρ - вихідний опір, Ом

Напруженість поля визначається формулою:

$$|E(R)| = -\frac{\sqrt[0,3]{P_{\text{пер}}}}{R} W(R)\ [B/\text{м}], \tag{8}$$

де $P_{пер}$ - 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 електропередач (ЛЕП) і перешкоди від контактної мережі електротранспорту. У смузі виділених частот, спектральна щільність цих перешкод практично постійна, і їх можна розглядати як білий шум Гаусса. Тоді для енергетики сигналу отримаємо.

$$h^2(r) = \frac{PT}{v_{\text{п}}^2(r) + v^2}, \tag{9}$$

де r - відстань від джерела індустріальної перешкоди, м;
$\nu_{\text{п}}^2$ - потужності індустріальної перешкоди.

$$p_{reg} = 0.5exp\left[-B\frac{P_{\text{пер}}}{R_{max}^2[v^2 + v_{\Pi}^2(r)]} w(R)^2 \frac{1}{(2 + h_{\text{п}}^2 g_0^2}\right], \tag{10}$$

$$B = \frac{0{,}09 l_{\text{д}} T}{\rho}$$

Оскільки для більшості вологих ґрунтів функція послаблення *w* на відстанях близько 100 – 200 км близька до одиниці, то при аналізі функціональної стійкості її зміною можна нехтувати. Тоді вираження остаточно набере вигляду:

$$p_{reg} = 0.5 exp\left[-B\frac{P_{\text{пер}}}{R^2_{max[v^2+v^2_{\text{п}}(r)]}}\frac{1}{(2+h^2_{\text{п}}g^2_0}\right]. \quad (11)$$

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

$$R_{\max(\text{км})} = \left[\frac{BP_{\text{пер}}}{\left|\ln(2p_{reg})\right|[v^2+v^2_{\text{п}}(r)]}\frac{1}{(2+h^2_{\text{п}}\text{g}^2_{0)}}\right]. \quad (12)$$

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

$$S_{P_{\text{пер}}} = \frac{\partial R_{max}}{\partial P_{\text{пер}}}\frac{P_{\text{пер}}}{R_{\max(\text{км})}} = 0{,}5\frac{C_0}{R_{\max(\text{км})}}[v^2+v^2_n(r)]^{-1/2}\,(2+h^2_n\text{g}^2_0)^{-1/2}$$

$$S_{P_{\text{п}}} = \frac{\partial R_{max}}{\partial h^2_{\text{п}}}\frac{h^2_{\text{п}}}{R_{\max(\text{км})}} = 0.5\frac{C_0 h^2_{\text{п}}\text{g}^2_0}{R_{\max(\text{км})}}(v^2+v^2_{\text{п}}(r))^{-\frac{1}{2}}(2+h^2_{\text{п}}\text{g}^2_0)^{3/2}$$

$$S_v = \frac{\partial R_{max}}{\partial v^2_{\text{п}}(r)}\frac{v^2_{\text{п}}(r)}{R_{\max(\text{км})}} - 0{,}5\frac{\text{C}_0 v^2_{\text{п}}(r)}{R_{\max(\text{км})}}(v^2+v^2_{\text{п}}(r))^{-\frac{3}{2}}(2+h^2_n\text{C}^2_0)^{-1/2}$$

$$S_{\text{g}} = \frac{\partial R_{max}}{\partial \text{g}^2_0}\frac{\text{g}^2_0}{R_{\max(\text{км})}} = -0.5\frac{C_0 h^2_{\text{п}}\text{g}^2_0}{R_{\max(\text{км})}}(v^2+v^2_{\text{п}}(r))^{-1.2}(2+h^2_{\text{п}}\text{g}^2_0)^{-3/2}$$

$$C_0 = C_0 = \left|\frac{\text{BP}_{\text{пер}}}{\ln(2p_{reg})}\right|$$

Проаналізуємо варіаційно-параметричну стійкість радіоканалів ККС в довільній зоні відповідальності шляхом дослідження чутливості розміру зони дії ККС до варіацій параметрів взаємної і індустріальної перешкоди.

Нехай потужності усіх передавачів складають 400 Вт і варіюванню не підлягають. Необхідна вірогідність помилки поелементного прийому повідомлення p_{reg} складає10^{-4}; тривалість посилки сигналу T=0,01 с; спектральна щільність білого шуму $v^2 = 10^{-10}$ Вт.

Підставляючи ці вирази в останню формулу, отримаємо

$$S_{h_n} = \frac{\partial R_{max}}{\partial h_{\text{п}}}\frac{h_{\text{п}}}{R_{\max(\text{км})}} = -0.5\frac{h_{\text{п}}\text{g}^2_0}{2+h_{\text{п}}\text{g}^2_0}$$

Цим же виразом описуватиметься і коефіцієнт Sg. Аналогічно, маємо

$$S_v = -0.5\frac{v^2_{\text{п}}}{v^2+v^2_{\text{п}}}$$

Таким чином, коефіцієнт відносної чутливості S_{hp} досліджується шляхом варіювання енергетики взаємної перешкоди при різних фіксованих значеннях нормованого КВР, а коефіцієнт S_g – шляхом варіювання нормованого КВР при різних фіксованих значеннях енергетики перешкоди. Коефіцієнт S_v досліджується при варіюванні спектральної щільності потужності індустріальної перешкоди [4].

Результатом моделювання можна вважати отримання коефіцієнта відносної чутливості у взаємозв'язку від зовнішніх умов.

Висновки. На основі обраної моделі усереднення та зменшення похибки визначення місцезнаходження суден визначено концепцію побудови інноваційної служби. Використання системи інформаційного забезпечення проходження суден по внутрішнім водним шляхам дозволяє знизити вплив людського чинника і підвищити безпеку при виконанні навігаційних операцій. Застосування запропонованого метода дає можливість

позбавитися від чинників, які вносять дисонанс системи визначення положення судна та інших, зокрема гідрометеорологічних умов. Використання досконалої апаратної компоненті дозволяє значно скоротити час прийняття рішень.

Автоматичне інформування спрямоване на забезпечення безпеки виконання навігаційних операції за допомогою постійного контролю положення судна, що рухається та місцезнаходження стаціонарних та рухомих об'єктів, гідрометеоумов, що дозволяє значною мірою підвищити ефективність виконання робіт. При цьому підвищити пропускну здатність внутрішніх водних шляхів за рахунок своєчасного інформування щодо графіку проходження за маршрутом. Перспектива подальшого дослідження – створити повністю безпілотний місток.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ляшенко А.В. РИС в помощь судоходству на Днепре. Порты Украины. 2012. Вып. 5 (117). С.64–66.

2. Schilk Gerhard, Seemann Lukas. Use of ITS Technologies for Multimodal Transport Operations – River Information Services (RIS) Transport Logistics Services. / Procedia - Social and Behavioral Sciences. Volume 48, 2012, p. 622–631.

3. Круглый Д.Г. Связь увеличения оборота портов Украины с развитием транспортной інфраструктуры. Развитие транспорта. 2020. Вип. 1 (6). С.7-16. URL: Https://doi.org/10.33082/td.2020.1-6.01.

4. Круглий Д.Г. Дослідження стану морських перевезень під час пандемії. Транспортні системи і технології: Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. 2020. т. 36. С. 143–149. DOI:10.32703/2617-9040-2020-36-15.

ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНІ ЗАСАДИ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Любіч О.О., Стрижак О.Є.
ДННУ «Академія фінансового управління» Міністерства фінансів України (Україна)

У контурі інформаційно-аналітичної діяльності експертів однією з основних проблем є використання неструктурованих інформаційних ресурсів, які відображаються різними мережевими документами й фактично являють собою пасивну розподілену систему знань. Усі вони характеризуються трансдисциплінарністю як метакатегорією, що враховує гіпервластивості великих даних (Big Data), а саме: а) рефлексія, котра реалізує принципи інтегрованості, системності та забезпечує цілісність їх поведінки; б) рекурсія, що реалізує категорію повторюваності форм їх операціонального відображення під час активації; в) редукція, на основі якої реалізується принцип декомпозиції цих форм. Їх когнітивна інтерпретація щодо оброблення великих даних здійснюється за напрямами: і) структурний аналіз інформаційних ресурсів; іі) форми взаємодії з інформаційними ресурсами; ііі) визначення механізмів виявлення критеріїв вибору відповідних контекстів, які потрібні експерту під час проведення системного аналізу [1–4; 5]. Актуальність виконання таких процедур ґрунтується на необхідності створити для підтримки інформаційно-аналітичної діяльності експертів умов оптимального оброблення ними великої кількості різнопланових інформаційних масивів. Таке розуміння щодо вирішення проблеми оброблення великих даних забезпечує реалізацію компонентної архітектури когнітивних сервісів при проведенні семантичного і, як наслідок, системного аналізу експертами різнотематичної інформації, особливо у процесах прийняття рішень.

Складність процесу прийняття узгоджених рішень для експертів за різною тематикою полягає у проблемі первинної обробки неструктурованої інформації. Ця проблема великих даних вимагає новітніх способів розв’язання, які забезпечують структурну рефлексію та інтегративне використання описів інформації, що розглядаються експертами. Він виводить процес інформаційно-аналітичної оцінки та прийняття рішень за межі однієї предметної області й порушує питання щодо онтологічного розгляду самої проблеми. Онтологічні принципи такого розгляду базуються на численних гіпервластивостях інформації щодо реалізації категорій інтеграції, систематичності та безперервності, а також структурного відображення та трансформації їх функціональних можливостей. Для цього існує онтологія проблеми раціонального вибору, що ґрунтується на засобах ранжирування альтернатив за набором показників [1; 4; 5]. Він передбачає створення системи, призначеної для вирішення проблеми ранжирування на основі онтологічної моделі предметної області. Гіпервластивості онтологічного представлення великих обсягів інформації забезпечують реалізацію метазадач її аналізу, її структурування, синтезу та підтримують процес раціонального вибору. Такий підхід створює умови для оптимальної обробки великих даних, особливо у процесах прийняття рішень, які здійснюються на підставі аналізу інформації і вимагають її представлення у структурованому форматі.

Більше того, ця структура повинна відповідати умовам системологічності, тобто включати певні правила обробки інформації на засадах науково визначеної класифікації. Таке подання інформації є найефективнішим, якщо базується на онтологічному підході. Онтологія – це спроба всебічної та детальної формалізації певної галузі знань із використанням концептуальної моделі. Загалом структура довільної концептуальної моделі може бути представлена в ієрархічному вигляді. Всі його поняття (об'єкти) можна поділити та згрупувати у певні класи на основі їхніх властивостей. Довільне ієрархічне

представлення предметної області визначається відношеннями між її тематичними класами. Ці відношення визначають семантичну взаємодію між поняттями, що належать до цих класів. Якщо такі зв'язки характеризуються функціональною інтерпретацією, концептуальна модель має формат онтології.

Онтологія – це структурна модель предметної області, котра формується експертом за допомогою наукової класифікації на основі системологічного використання предметних понять. І головною проблемою їх використання у процесах прийняття рішень, є наявність латентних зв'язків між контекстами, які визначають семантику кожного поняття. Саме ця класифікація визначає умови функціональної інтерпретації взаємозв'язків між поняттями. Це тлумачення визначає певний формалізм для класів представлення концепцій, які можуть бути використані для формування систем підтримки прийняття рішень [4] на основі онтології.

Також онтології визначають цифрові формати інформаційних ресурсів, які утворюють основу взаємодії в мережевих середовищах, а також зумовлюють проблему їх інтегрованого й більш консолідованого використання [1]. До неї насамперед слід віднести семантичну консолідацію інформаційних ресурсів, когнітивні процедури якої реалізують представлення об'єднаної інформації в консолідованому форматі у вигляді цілісної моделі [2; 3]. Однак сама процедура семантичного об'єднання з наступною консолідованою взаємодією є досить складною й має рефлексивно-рекурсивний характер [1; 6].

Конструктиве формування консолідованої інформації у процесах прийняття рішень, за умови врахування семантики всіх її тематичних фрагментів, відбувається на підставі її таксономічного відображення [1–3]. До переваг щодо її застосування слід віднести таке:

таксономії визначають концептуальну структуру всіх інформаційних ресурсів, що використовуються та обробляються у процесі прийняття рішень;

вузли таксономій містять контекстні описи їхніх смислів та властивостей, що дає змогу їх вважати концептами;

таксономії утворюються класами концептів, котрі характеризуються певними властивостями згідно з визначенням онтології (1);

таксономії можуть встановлювати між собою множинні відношення, кожне з яких є бінарним відношенням між певними контекстами концептів онтологічної системи.

Довільна таксономія є орієнтованим графом без циклів і відповідно до [1] утворюється концептами, які ієрархічно взаємопов'язані між собою. Тобто її визначає упорядкована пара виду:

$$T = < X, R_t > , \tag{1}$$

де T – таксономія; X – множина концептів; R_t – множина бінарних відношень між концептами таксономії T.

Однак на таксономічному рівні ми можемо формувати їх різноманіття, тобто певну гіпермножину таксономій, кожна з яких при формуванні онтології характеризується включенням певних множин аксіом, які відрізняються одна від одної. Ці аксіоми визначаються на основі інтерпретації смислів контекстів, які зі свого боку визначають концепти таксономії й у подальшому онтології.

Якщо ми визначимо контексти вузлів таксономій як елементи певних знань, то тоді їх сукупність відображає певний фрагмент картини світу. Однак при розгляді всього різноманіття таксономій ми отримаємо гіпервластивість рефлексії, яка реалізує відображення всіх таксономій самих на себе. Таке рефлексивне відображення таксономії самої на себе має вербальний характер. Це може бути виведено з факту, що вузли довільної таксономії утворюють конкретні висловлювання, які мають значення істинності [1; 6]. Різноманіття таксономій інформаційних ресурсів представимо у вигляді виразу:

$$\tilde{T}_{Rt} = \{T_{Rt} \mid R_t = << X_n(K_t^n), Y_m(K_t^m) >>\} . \tag{2}$$

Вираз (2) визначає таке: різноманіття таксономій як гіпермножина утворюється всіма таксономіями, які можуть бути інтерпретовані як складні концепти, що мають бінарні зв'язки між собою й утворюють вкладені кортежі. Кожен такий концепт характеризується множиною контекстів виду $-K_t^n$. Тобто консолідація інформаційних ресурсів, котра рефлексивно відображається різноманіттям таксономій, утворюється на основі міжконтекстних відношень, що встановлюються між концептами цих таксономій. Тоді консолідацію інформаційних ресурсів можна представити у вигляді певної вербально-активної функції, яка реалізує інтерпретацію множини бінарних відношень між усіма контекстами, котрі відображають смисли концептів, що утворюють зміст предметних областей, чиї інформаційні ресурси задіяні у процесах мережевої взаємодії підтримки прийняття рішень.

Це можна представити у вигляді характеристичного предикату:

$$\Pr(x_1,...,x_n)=0 \Rightarrow \exists T \subseteq \breve{T} : \forall x \in X \exists Y \subseteq X : T = YGrx, \quad (3)$$

який визначає концепти онтології із яких неможливо утворити помилкові висловлювання, й де x_n – прості концепти таксономій T і відповідного різноманіття $\breve{T}$; G – гіпервластивість класу концептів, що утворюють конкретну таксономію, у цьому випадку – Y, яка включає відношення часткового порядку.

На основі характеристичного предикату ми можемо визначити вербально-активну рефлексію, яка є передумовою існування вербально-активної рекурсії. Позначимо вербально-активну рефлексію через F_f.

$$(F_f : X \to X \to Y). \quad (4)$$

Згідно з [1] інформаційні ресурси, над якими задані вербально-активні функції рефлексії і рекурсії, є трансдисциплінарними. Тобто трансдисциплінарність є гіпервластивістю консолідованої інформації, що активується у процесі мережевої взаємодії у процесах прийняття рішень, проявляючись у форматі когнітивно-комунікативного акту між відповідними інформаційними ресурсами і користувачами.

Таксономічне різноманіття $\breve{T}$ виду (2), сформоване на засадах певної класифікації концептів, забезпечує реалізацію гіперфункції семантичного аналізу, систематизації тощо.

Таксономії відповідно до [1; 6] є поміченими деревами, у котрих як мітки виступають імена концептів. Вважатимемо, що всі концепти утворюють певну множину імен Σ, що є мітками всіх вузлів таксономії T і таксономічного різноманіття $\breve{T}$. За таких умов довільна таксономія виду T чи таксономічне різноманіття $\breve{T}$ унівалентні множині дерев Бема [6]. Тобто топологію взаємодії множин концептів таксономій, що використовуються у прийнятті певного рішення, можна представити як множину Σ помічених дерев, котрі утворюються її вузлами:

$$\Sigma = \{X_1, X_2,...X_n, a_1, a_2,...a_m\}, \quad (5)$$

де X_i – клас концептів; a_i –термінальний вузол.

Дерево Бема можна представити через характеристичний предикат (4) у вигляді семантичної згортки, композиції таксономій, що ієрархічно зростає:

$$\Sigma = \breve{T}GXGx_i. \quad (6)$$

На основі таксономій формату дерев Бема формується множина альтернатив, які вважаються однорідними об'єктами із загальними властивостями. Оптимальна альтернатива визначається через функцію вибору (7) [4].

$$F_{sel}(X) = Y, Y \subseteq X. \quad (7)$$

Після визначення набору критеріїв та альтернатив і їх значень можна припустити, що модель задачі вибору оптимальної альтернативи фактично встановлена. На підставі представлення різноманіття таксономій (2) та функції вибору (7) можна представити онтологію проблеми вибору [1] у форматі виразу (8).

$$O_{TPCh} = \langle \tilde{T}, \left(\tilde{\rho} \vee R^{+}\right), F_{sel}\left(\tilde{T}\right)\rangle, \quad (8)$$

де $\tilde{T}$ – таксономічне різноманіття; $\tilde{\rho}$ – відношення часткового порядку: $\tilde{\rho} \in G$; R^{+} – множина властивостей понять-альтернатив, котрі інтерпретуються як критерії.

Об'єктні компоненти, що визначають онтологію проблеми вибору (6), дають змогу інтерпретувати їх як різні інформаційні ресурси, поняття яких пов'язані з конкретними бінарними відношеннями часткового порядку і можуть мати одинарні властивості, що характеризують їх у певній якісній формі. Кожна альтернатива визначається деяким набором функцій індикатора. Кожна така функція задає значення критерію, який належить або заздалегідь визначеному набору, або обчислюється за певними математичними правилами [1; 4; 5]. Можливі варіанти визначаються на основі використання сукупності значень числового інтервалу, лінгвістичної шкали або синтезу місцевих пріоритетів у методі аналізу ієрархій [4]. Отже, проблема визначення оптимальної альтернативи через оброблення контекстів концептів таксономій у процесі прийняття рішень полягає у встановленні певного порядку (5)-(7) через обчислення значень контекстів (9):

$$\{X_1[\cdot\cdot], X_2[\cdot\cdot], ...X_n[\cdot\cdot]\} \rightarrow \{X_1[B], X_2[D], ...X_n[V,P]\} \rightarrow \breve{T}, \quad (9)$$

де B, D, V, P … визначають множини контекстів концептів X як певні значення концептів-альтернатив.

$$\lambda[B], \lambda[D], \ldots, \lambda[V,P]; \quad (10)$$

$$\hat{A}(\breve{T}) = F_{sel}(\lambda[B], \lambda[D], \ldots, \lambda[V,P]) = X_n(K_t^n), \quad (11)$$

де $\hat{A}(\breve{T})$ – оптимальна альтернатива для прийняття рішень із множини концептів таксономічного різноманіття виду (2), які визначають інформаційні ресурси, що обробляються у процесі взаємодії.

Висновки. Ефективне прийняття рішень завдяки розгляду певних альтернативних значень реалізується на трансдисциплінарних засадах, які забезпечують конструктивну консолідацію інформаційних ресурсів, що використовуються в мережевій взаємодії експертів. Технологічну основу цих процесів утворює таксономічне різноманіття вказаних ресурсів. Саме вони забезпечують реалізацію когнітивно-комунікаційних актів під час прийняття рішення на підставі структуризації й подальшого вибору оптимальних значень концептів як певних альтернатив. На їх основі формується інформаційне середовище у вигляді операціонально-розвинутої онтологічної системи підтримки прийняття рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dovhyi S., Stryzhak, O. Transdisciplinary Fundamentals of Information-Analytical Activity. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Infor-mation and Communication Technology and Systems. MCT 2019, Lec-ture Notes in Networks and Systems, vol 152. Springer, Cham, 2020. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_7.

2. Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries / Editors Milton Borsato, Nel Wognum, Margherita Peruzzini, Josip Stjepandić, Wim J.C. Verhagen // Series Advances in Transdisciplinary Engineering, vol 4, 2016. SBN978-1-61499-702-3 (print) | 978-1-61499-703-0 (online).

3. Mayer-Schönberger V, Cukier K. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think. Boston, MA:Houghton Mifflin Harcourt; 2013. 252 p.

4. Saaty T. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation // RWS Publications, 1990. – 287 p.

5. Любіч О.О. Теоретичні основи прийняття фінансових рішень на макрорівні. Київ: НДФІ, 2004. 348 с.

6. Barendregt X. Lambda-calculus. His syntax and semantics. Moscow : World, 1985. 606 p.

ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ КРИТИЧНИХ СИТУАЦІЙ В ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

Носов П.С., Бень А.П., Зінченко С.М., Храмцовський В.О., Гуров А.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Попович І.С.
Херсонський державний університет
(Україна)

Вступ. Сучасні засоби аналізу експериментальних даних фізичних процесів що впливають на траєкторію руху судна стикаються з необхідністю включення факторів невизначеності з вини людини-навігатора [1-3]. Дана обставина безпосередньо впливає на точність прогнозування шляху судна і, як наслідок, не дозволяє визначити причини відхилення траєкторій від оптимальних, розрахованих бортовими інформаційними та інтелектуальними системами (рис. 1) [4,5]. У свою чергу розрахунок повного спектру фізичних параметрів не дозволяє бортовому комп'ютеру використовувати автопілот через особливості локації припортових акваторій і міжнародного законодавства.

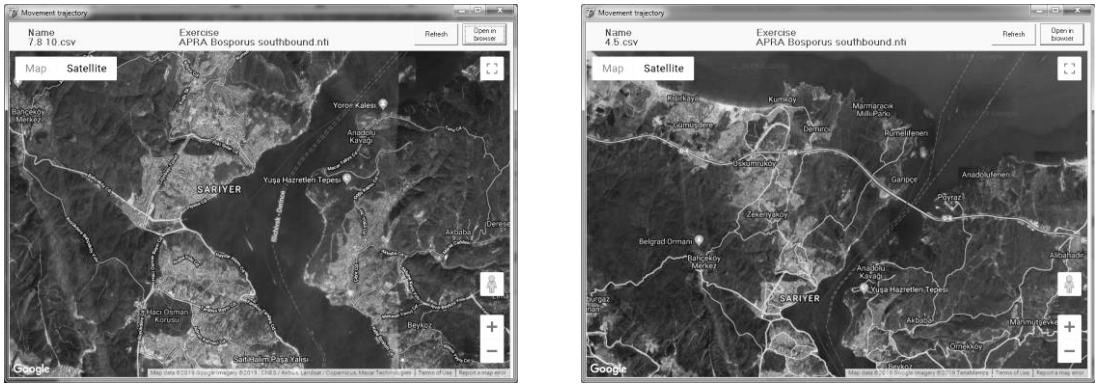


Рисунок 1 – Відхилення від оптимальної траєкторії зважаючи на вплив невизначених факторів

Як видно з первинного аналізу, траєкторія маневру справа на рис. 1 істотно відрізняються від оптимальної без видимих причин. Аналіз дозволив виділити одну з ключових причин такої поведінки навігатора, це обумовлюється сприйняттям ситуації щодо тимчасового діапазону виконання операції.

Параметр сприйняття часу навігатором є фактор невизначеності $a \in A$ в ситуації $s \in S$, при цьому, ідентифікатор ситуації може бути представлений у виді $\pi(s) = \varphi(s, A) = \bigcup_{a \in A} \varphi(s, a)$ [6-9], а оптимальність враховує фактори невизначеності в наступному виді:

$$\tilde{\mathrm{Max}}(S, \varepsilon) = \{ s \in S \mid \pi(s) \subset \mathrm{Max}(\pi(s), \varepsilon) \} = \{ s \in S \forall x \in \pi(s), f(x) \} \geq \sup\{ f(y) \mid y \in \pi(S) \} - \varepsilon =$$

$$= \{ s \in S \mid \inf\{ f(x) \mid x \in \pi(s) \} + \varepsilon \geq \sup\{ f(y) \mid y \in \pi(S) \} \}.$$

Де: a - множина факторів невизначеності у вигляді метаданих що належать A;
S - множина стратегій навігатора;
s - стратегія, що визначає поточну ситуацію;
$\pi(s)$ - ситуація, що відповідає стратегії;
φ - відображення, що визначає ситуацію на парі (s, a);

ε - множина оптимальних ситуацій при деякій допустимій підмножині ситуацій X такий що $R(X,\varepsilon)\subset X$;

f - векторний критерій ефективності;

x, y - елемент допустимої підмножини ситуацій X із домінуванням «$\succ$».

Дані дослідження і позначені залежності дозволяють визначити ступінь впливу на ситуацію інформаційних сигналів з боку фізичного середовища, використовуючи дані навігаційних сенсорів і приладів, однак запропоновані моделі розглядають час лише як дискретну складову, що не дозволяє визначити фактори його сприйняття [10,11].

Інші моделі представляють ситуацію як описову і ґрунтуються на емпіричних експериментах, які підтверджують гіпотезу про зміни у сприйнятті часу навігатора в критичних ситуаціях, але не дають понять про залежності сприйняття часу при виконанні завдань в формальному виді. Очевидно лише те, що суб'єктивний відлік часу істотно відрізняється від показань приладів і безпосередньо впливає на поведінку навігатора, що неминуче призводить до невизначеності прийняття рішень та впливає на фізичну траєкторію руху судна.

Також слід врахувати, що фактор часу повинен бути представлений як різниця між реальним сприйняттям по *i*-му параметру навігаційної системи і спотвореному. Все це призводить до суперечностей між необхідністю в точній ідентифікації спотворення або «дисторсії часу навігатора» (ДЧН) при виконанні маневрів і можливостями сучасних електронних та автоматизованих навігаційних систем.

Таким чином, актуальність даного дослідження полягає в необхідності визначення формальних моделей управління судном з боку навігатора з урахуванням ДЧН на основі експериментальних навігаційних даних.

Методи дослідження. Розглянемо траєкторію прийняття рішень навігаторів у виді марківських однорідних ланцюгів в термінах теорії цифрових автоматів [12]:

$$\sum_{j=1}^{n} p_{ij} = \sum_{j=1}^{n} p_v \zeta_{ij}^{1} + \sum_{j=1}^{n} q_v \zeta_{ij}^{0} = p_v + q_v = 1,$$

де: p_{ij} - ймовірність переходу зі стану a_i у стан a_j;

p_v - ймовірність прояву ДЧН, при $q_v = 1 - p_v$;

n - межа можливих типових станів;

ζ_{ij}^{0}, ζ_{ij}^{1} - стохастичні матриці, де індекси 1 – штраф, а 0 – не штраф;

Тоді математичне очікування виникнення ДЧН на траєкторії буде:

$$M(A,C) = \sum_{j=1}^{n} Q_j p_{vj}.$$

Де: M - математичне очікування;

Q_j - фінальна ймовірність стану a_i;

A - кінцевий автомат;

C - середа.

Однак слід врахувати, що виникає складність опису виникнення ДЧН у вигляді матриці перехідних станів. Причина цього у тому, що саме прояв ДЧН лише на перший погляд є випадковим процесом. В даний час відомо, що дане явище залежить від кількості інформаційних факторів що сприймаються одночасно навігатором, особливо якщо це відбувається у критичних або позаштатних ситуаціях [13-15].

У той же час аналіз процесів прийняття рішень навігаторами може бути описаний математичним апаратом нечітких систем. Так, в роботі [16] вводиться визначення взаємно мінізв'язаних величин $\xi_1,...,\xi_n$, таких що:

$$\mu_{\xi_1,...,\xi_n}(x_1,...,x_n)=\varsigma\{\gamma\in\Gamma:\xi_1(\gamma)=x_1,...,\xi_n(\gamma)=x_n\}=\varsigma\{\xi_1^{-1}(x_1)\bigcap...\bigcap\xi_n^{-1}(x_n)\},\ \forall(x_1,...,x_n)\in R^n,$$

де: $x_1,...,x_n$ - спостережувані значення вибірки;

ς – міра можливості;

Г – множина елементів системи;

γ – атомарний елемент системи;

R – модальне значення можливості величини;

$\xi_1,...,\xi_n$ - нечіткі величини.

При цьому для нормування $\xi_1,...,\xi_n$ вводиться критерій α, як рівень ризику помилкових розподілів оцінки. Також форма розподілу можливих полярних величин H в умовах коефіцієнта нечіткості b' щодо досліджуваного параметра ρ' (ДЧН) описана залежностями:

$$b'=\frac{\max\limits_{1\le i\le n}x_i-\min\limits_{1\le i\le n}x_i}{H_+^{-1}(\alpha)-H_-^{-1}(\alpha)},\ \rho'=\frac{1}{2}\left(\max\limits_{1\le i\le n}x_i-\min\limits_{1\le i\le n}x_i\right)+\frac{b'}{2}\left(H_+^{-1}(\alpha)-H_-^{-1}(\alpha)\right)$$

де: b' - коефіцієнт нечіткості;

ρ' - досліджуваний параметр ДЧН;

α' - критерій нормування $\xi_1,...,\xi_n$;

H - розподіл можливих полярних величин.

З даних формальних описів видно, що розподіл величин носить в цілому характер «нормального» у вигляді еліпсоїда і в рамках виконання завдання $\xi_\alpha^+-\xi_\alpha^-\to\min$; $\mu_{\xi_1,...,\xi_n}(x_1,...,x_n,p',b')=\alpha$. Однак даний підхід важко застосувати в розглянутій задачі з огляду на те, що фактор ДЧН слабо підпорядковується поняттю нормального розподілу і залежить від неоднорідного спектра параметрів.

Для більш точного визначення природи даного чинника невизначеності були вивчені експериментальні дані навігаційних приладів і сенсорів під час маневрування в протоці Босфор з використанням сертифікованого навігаційного тренажера Navi Trainer 5000 в Херсонській державній морській академії. Особливість локації представляє складність лише через те, що маневрування відбувається із множинними керованими цілями [17-20]. У зв'язку з зазначеними обставинами були прийняті умови даної локації і близькими природними факторами, часом доби (сезону) і розташуванням порту (рис. 2).

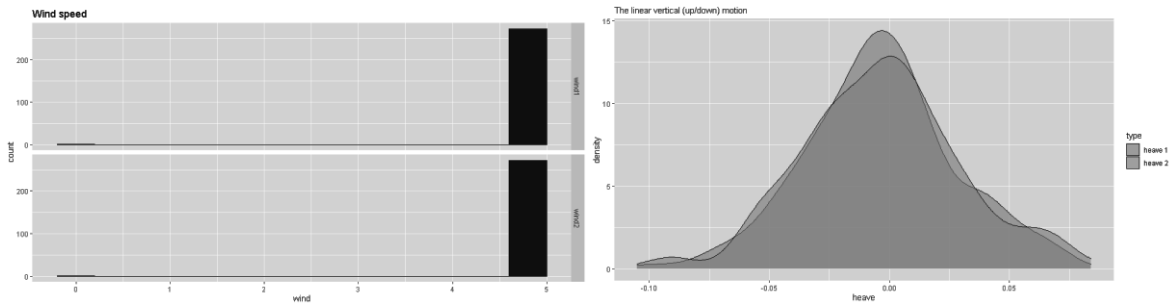


Рисунок 2 – Співвідношення природних факторів вітру «wind 1, 2» і хвилювання «heave 1, 2»

Не дивлячись на близькі початкові умови і високу кваліфікацію навігаторів, графіки поздовжнього переміщення судна «surge» істотно відрізняються, також було відзначено, що навігатор вибрав маневр, нетиповий для даної локації (рис. 3).

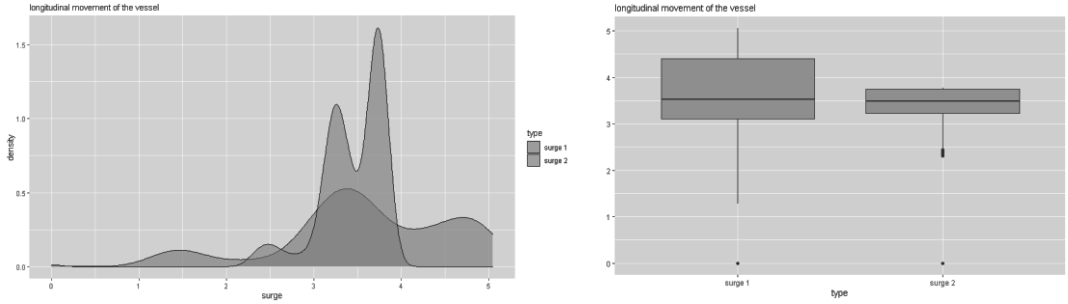


Рисунок 3 – Графіки щільності розподілу і медіани поздовжнього переміщення судна «surge»: Surge 1 при використанні автопілота; Surge 2 при ручному управлінні судном

Висновок. У даній ситуації аварії вдалося уникнути, проте навігатор не вважав, що його дії були помилковими. Виникає прецедент, пов'язаний з очікуваннями особистості навігатора в критичних ситуаціях, що на пряму впливають на його поведінку при управлінні судном [21-24]. Виходячи з розглянутої ситуації, слід зробити висновок про необхідність врахування людського фактора судноводія, що дозволить уникнути виникнення критичних ситуацій у майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hancock, P., Weaver, J. (2005). On time distortions under stress. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 6, 2, 193–211. DOI:10.1080/14639220512331325747.

2. Nosov, P.S., Popovych, I.S., Cherniavskyi, V.V., Zinchenko, S.M., Prokopchuk, Y.A., Makarchuk, D.V. (2020). Automated identification of an operator anticipation on marine transport. Radio Electronics, Computer Science, Control, 3, 158–172.

3. Nosov P.S., Palamarchuk I.V., Safonov M.S., Novikov V.I. Modeling the manifestation of the human factor of the maritime crew // Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro) № 5 (77). – 2018. Pages 82-92. doi:10.15802/stp2018/ 147937.

4. 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. CEUR Workshop Proceedings, 2608, 12-26 (2020).

5. Scheele, F., Haftor, D. & Pashkevich, N. (2019). Cognitive time distortion as a hidden condition of worker productivity. Journal of Business Research, 591–596. DOI:10.1016/j.jbusres.2018.11.002.

6. Ogden, R., Henderson, J., Mcglone, F. & Richter, M. (2019). Time distortion under threat: Sympathetic arousal predicts time distortion only in the context of negative, highly arousing stimuli. PLOS ONE, 14. DOI:10.1371/journal.pone.0216704.

7. El-Azhari, A., Haddar, S., Drago, R. & Gil, S. (2020). Similar time distortions under the effect of emotion for durations of several minutes and a few seconds. Acta Psychologica, 210. DOI:10.1016/j.actpsy.2020.103170.

8. Shevchenko, R., Popovych, I., Spytska, L., Nosov, P., Zinchenko, S., Mateichuk, V. & Blynova, O. (2020). Comparative analysis of emotional personality traits of the students of maritime science majors caused by long-term staying at sea. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial, 538-554.

9. Ono, F., Horii, S., Watanabe, K. (2012). Individual differences in vulnerability to subjective time distortion. Japanese Psychological Research, 54. DOI:10.1111/j.1468-5884.2011.00497.x.

10. Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Serhii Zinchenko, Vasyl Cherniavskyi, Viktor Plokhikh, Halyna Nosova (2020). The research on anticipation of vessel captains by the space of Kelly's graph. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial, pp. 90-103.

11. Nosov, P., Ben, A., Zinchenko, S., Popovych, I., Mateichuk, V., Nosova, H.: Formal approaches to identify cadet fatigue factors by means of marine navigation simulators. CEUR Workshop Proceedings, 2732, 823-838 (2020).

12. Сорокина И.В. Оценка параметров многомерных возможностных распределений при заданном уровне риска / И.В. Сорокина, С.В. Сорокин // Нечеткие системы и мягкие вычисления. – 2015. – 10. – 2. – Р. 181-193.

13. Shevchenko, R., Cherniavskyi, V., Zinchenko, S., Palchynska, M., Bondarevich, S., Nosov, P., Popovych, I. (2020). Research of psychophysiological characteristics of response to stress situations by future sailors. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial. pp. 566-579.

14. Solovey, O., Ben, A., Dudchenko, S., Nosov, P. (2020). Development of control model for loading operations on Heavy Lift vessels based on inverse algorithm. Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 5/2 (107), 48–56. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214856.

15. Nosov P., Cherniavskyi V., Zinchenko S., Popovych I., Prokopchuk Y., Safonov M. Identification of distortion of the navigator's time in model experiment // Bulletin of University of Karaganda. Instrument and experimental techniques, 2020. - № 4(100). P. 57-70. DOI: 10.31489/2020Ph4/57-70.

16. Hong, D.H. (2001). Parameter estimation of mutually T-related fuzzy variables. Fuzzy Sets and System, 123. 63–71.

17. Popovych, I. S., Cherniavskyi, V.V., Dudchenko, S.V., Zinchenko, S.M., Nosov, P.S., Yevdokimova, O.O., Burak, O.O. & Mateichuk, V. M. (2020). Experimental Research of Effective «The Ship's Captain and the Pilot» Interaction Formation by Means of Training Technologies. Revista ESPACIOS, Vol. 41(№11). Page 30. Retrieved from: https://www.revistaespacios.com/ a20v41n11/ 20411130.html.

18. Zinchenko S.M., Ben A.P., Nosov P.S., Popovich I. S., Mamenko P.P., Mateichuk V. M. Improving the Accuracy and Reliability of Automatic Vessel Moution Control System // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 2. – P183-195. DOI: 10.15588/1607-3274-2020-2-19.

19. Zinchenko S., Ben A., Nosov P., Popovych I., Mateichuk V., Hrosheva O. The vessel movement optimisation with excessive control // Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics, 2020. - № 3(99). P. 86-96. DOI: 10.31489/2020Ph3/86-96.

20. Zinchenko S.M., Mateichuk V.M., Nosov P.S., Popovych I.S., Appazov E.S. Improving the accuracy of automatic control with mathematical meter model in on-board controller // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 4. – P. 197-207. DOI 10.15588/1607-3274-2020-4-19.

21. Serhii Zinchenko, Oleh Tovstokoryi, Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Vitaliy Kobets, Gennadii Abramov. Mathematical support of the vessel information and risk control systems P. 335-354. // CEUR Workshop Proceedings, 2805. http://ceur-ws.org/Vol-2805/paper25.pdf.

22. Nosov P.S., Cherniavskyi V.V., Zinchenko S.M., Popovych I.S., Nahrybelnyi Ya.A., Nosova H.V. Identification of marine emergency response of electronic navigation operator // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2021. - № 1. – P. 208-223. DOI:10.15588/1607-3274-2021-1-20.

23. Zinchenko S.M., Nosov P.S., Mateichuk V.M., Mamenko P.P., Grosheva O.O. Use of navigation simulator for development and testing ship control systems. МНПК пам'яті професорів Фоміна Ю.Я. і Семенова В.С. (FS - 2019), 24 – 28 квітня 2019, Одеса – Стамбул – Одеса. Pages 350-355.

24. Nosov P.S., Zinchenko S.M., Popovych I.S., Ben A.P., Nahrybelnyi Y.A., Mateichuk V.M. Diagnostic system of perception of navigation danger when implementation complicated maneuvers // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 1. – P146-161. DOI: https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-1-15.

NEW APPROACH TO MODELING DEEP INTUITION

Prokopchuk Y.
Institute of Technical Mechanics NASU
(Ukraine)
Nosov P., Zinchenko S.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)
Popovych I.
Kherson State University
(Ukraine)

Introduction and problem setting. Report discusses general approaches to solving four interrelated problems:

a) study and mathematical modeling of possible mechanisms of deep intuition, as the basis of perception-action in a critical situation;

b) development of practical recommendations to accelerate the development of maritime academies cadets expert intuition among;

c) based on the results of task a), development of new methods of cognitive computation in conditions of radical uncertainty in order to assist vehicle operators in difficult situations (Maritime Situation Awareness; Assistive Technologies using AI; Urgent computing);

d) development of technologies for constructing cognitive transport systems (CTS), including "Symbiotic Autonomous Systems".

To solve these problems, it is necessary to understand nature of deep intuitive processes, develop an appropriate formalism, and develop recommendations for improving teaching methods [1]. The report provides general outlines of such a formalism based on paradigm of limiting generalizations (LPG) [2, 3].

Research in the field of cognitive computing, CTS [4] is aimed at developing machines, vehicles and assistants that are able to autonomously perceive environment and interact with it like a living being [5]. For CTS, it is necessary to quickly and efficiently process large amounts of data, to identify complex relationships and dependencies. Also, using algorithms close to human thinking, and develop solutions. This is necessary so that managing specialists, for example, vessels operators [6-8], can quickly make a choice of necessary actions. An example is AI assistants for transport operators based on IBM Watson. Another example is "Center for Operational Control of Marine Disasters of Fishing Fleet Vessels" (the project "Intelligent Technologies of the XXI Century") [9]. It is also important to note large European project «Symbiotic Autonomous Systems» [10].

Main research material. The well-known American psychologist Myers David, in an interview in 2012, made the following assessment: One of the biggest revelations of recent psychological science is the two-track human mind, which features not only a deliberate, self-aware «high road» but also a vast, automatic, intuitive «low road.» [11]. This fact also emphasized by Nobel laureate Daniel Kahneman in his bestseller "Thinking Fast and Slow" [12].

Two Systems Theories - TST, assumes that decision making is based on two cognitive systems: one automatic, intuitive and mostly unconscious (System 1), and the other reflexive, rational and fully conscious (System 2).

Dreyfus S.E. as the basis for the work of expert intuition (Expert Intuition) proposed System 0 [13]: System 0 is the most fundamental of all behavioral brain systems - the procedural memory system. He argues that action or reaction in familiar situations should not be seen as «decision making», «thinking» or «mental activity» in the usual sense of these terms: «System 0 doesn't think, in conventional use of the word, it simply knows how». In fact, we spend most of our adult life exhibiting internalized intuitive forms of experience that are so easy to take for

granted. These are cases when people automatically, quickly and effortlessly know how to act in familiar situations [14-16], without being able to explain their actions. Dreyfus actively argues with Kahneman and most cognitive psychologists who consider quick intuitive reactions in terms of decision making (System 1). Dreyfus's conclusion is that «Associative System 1 is not a correct explanation of expert intuition».

While agreeing with Dreyfus about need to consider System 0, it should be noted that he did not offer a constructive (working) model of System 0. Indeed, the paradox of System 0 is that there are no «decision-making problems» in conventional sense (i.e. «tasks "with a conscious setting). However, since there is competition at all levels of brain processes: examples are Neural Darwinism, concept of «A Thousand Brains» [17]. Consequently, it becomes possible to approximate the situation, bringing it to a «task form» - implicit problems of choice, selection, discrimination, as well as implementation of decision / execution procedures (functional systems, radicals) [18]. Such an approximation allows us to consider hypothetical (formal) mechanism of emergence and functioning of System 0 «the Nature of System 0», which is what is done in this report.

System 0 will be defined as follows as «LPG -interpretation» . System 0 - A system for processing and storing information, in which neither the formulation of discrimination tasks, nor their solution are realized (metaphors - «The Dark Matter of Mind / Intelligence», «Deep Intuition», «Task Continuum»; Direct Awareness; Cognitive Awareness). The work of system is based on implicit structures and memory processes, deep implementation up to automatic selection / control procedures. System 1 is a subset of System 0; utility of distinguishing processing and thinking that is unintentional, spontaneous, and autonomous from that which is intentional, deliberate, and controlled. Information processing in System 0 is carried out without cognitive control, which sharply reduces energy, and also predominantly without resolving uncertainty (this is main characteristic of systems for which it is advisable to apply a quantum-like description).

One of pioneers of deep learning, Yann LeCun, posted an article on Facebook AI portal in March 2021 entitled «Self-Supervised Learning: The Dark Matter of Intelligence» [19]. He writes: "If artificial intelligence systems can gain deeper and more detailed understanding of reality beyond what is specified in training dataset, they will be more useful and ultimately bring artificial intelligence closer to human-level intelligence».

The working hypothesis of the study is that generalized knowledge of world or common sense constitutes the bulk of biological intelligence, both humans and animals. In a sense, common sense is the dark matter of artificial intelligence. «LeCun believes that «self-learning is one of most promising ways to accumulate such basic knowledge and approach common sense in AI systems». A general self-learning technique, according to LeCun, is «to predict any unobservable or hidden part (or property) of input from any observable or hidden part of input» (Self-supervised learning is predictive learning).

We believe [3] that System 0 together with outline networks, inductor space, mental space-time, patterns and multiphysics fully corresponds to the metaphor «Dark Matter of Mind», since this is largest volume of implicitly processed information in mental sphere ... Our goal is to propose a constructive model of this key system, along the way uncovering the secret of self-learning (the essence of sketch networks is precisely to «get a deeper and more detailed understanding of reality beyond what is indicated in training dataset», i.e. «generalized knowledge about the world»).

System 0 is a fundamental component of a world-like cognitive system. This is fundamental difference between LPG-interpretation of "Self-Supervised Learning" from interpretation of LeCun and others. The predicative aspects of self-learning in software are implemented. Implementation became possible in model of intuition, total internal audit of information, soft measurement, «connectome-cognitome", causal models. This made it possible to recover the missing parts of data, in «arrow of time», in mental space-time. These tools make it possible to work effectively with radical uncertainty in conditions of highly limited resources [20-22]. This is possible due to ability to quickly identify a competitive set subjective parameters order

of development situations on the basis of minimum information in form the concept "thin slice" and «internal codes». By means of these processes, didactic tools for development this ability in academies cadets, and particular, marine specialties, are analyzed [23].

The expediency of considering System 0 is actually substantiated in [2]: the concepts of «continuum of tasks», «inductor space», «connectome-cognitive», «digraph of test values / domains», «digraph of image sketches», «critical sketches», «arrow of cognition», «Basis of limiting knowledge models», «thin cut», «internal codes». The work of deep intuition is almost completely invisible, unconscious, but results of its voluminous work affect all aspects decision-making, which is reflected in practice [24-26]. And it is an approximation of behavior (metaphor - the underwater part of iceberg), creating situational awareness (Awareness-Based Decision-Making Strategy, Situation Awareness). System 0 is believed to be at heart «Jury of Intuition», an essential internal audit and information forecasting mechanism.

A fragment of mathematical formalism: cognitive numbers [3]. The transition from physical reality to mental (psychic) reality is carried out mainly with help of networks sketches, which are responsible for the generation of information super-redundancy and super-diversity (explosive growth of entropy). ***Sketching information symbolizes the growth of its understanding***. As a rule, more sketches of a phenomenon / image / object, better understanding of this phenomenon / image («the whole has more of its parts») and more chances of finding acceptable «critical sketches» in discrimination problems (minimizing entropy based on self-organized criticality). Here are some examples of sketch networks.

Any number-value of any test has multiple interpretation, which makes it possible to define such a dynamic subjective entity as «cog-number». Example: «Body temperature = 38°C» → «Temp. high»→ «Temp. Not the norm.» Any natural sensor forms cog-number, cog-signs. In fig. 1 shows structural (fractal) inflation in dynamics - meaning generation - cog-number x of some test A (Temporal morphogenesis, Morpho-evolution with learning; Foundations of Quantitative Thought: Aim is to explore a unifying account of cognitive processes that shape quantity judgments under a variety of conditions; that involve judgments of number, space, time, and probability).

Figure 1 – Structural inflation of the cognitive number *x* of test *A*

The 'tree' / nodes of sketch network provide an internal interpretation of original number / value. In process of subjective inflation, the cog-number 'grows'. In the middle image, for example, inductors are shown, which also «mature» in process of gaining experience and are part of cog-numbers. Moreover, there are inductors for nodes and connections (arrows of different colors and types). Inductors realize intuition. In addition, test A participates in certain observations / events and, therefore, in «arrows of time». The latter, along with inductors, implement generalized test entanglement, as well as form a variety of contexts and affordances. The granularity of any observed test value is based on both «Controlled Hallucination» and «Creative Imagination» (contexts form «arrows of time»). In this context, it is interesting to compare concepts of «cog-number», «fuzzy number», «p-adic number» and «gray number».

Conclusion. Due to description of state an arbitrary dynamic system by vector of cognitive numbers, we obtain LPG-concept of a multiscale phase space. Each scale level forms its own sketch the dynamic system behavior based on its own physics of processes.

Each cog-number within a given test has its own network of sketch-interpretations. Combining at each moment of time developing networks all numbers-values test A of sketches, we obtain a general network the test of sketches of , which, in some cases, can be represented as a digraph of test domains G (A) (example in Fig. 2; circles are domains, from bottom to top is generalization; base / bottom domain is numeric; Temporal morphogenesis) [3]. Each domain is an implicit task of distinguishing System 0.

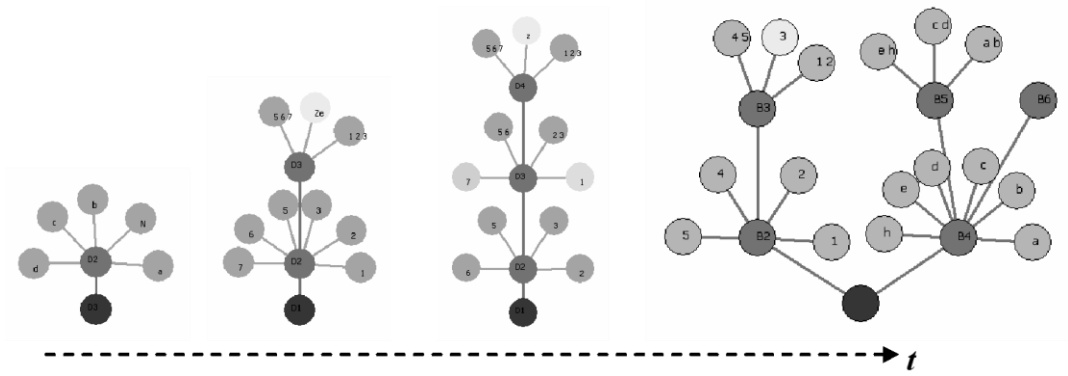


Figure 2 - Example structural inflation stages of test G (A) domains digraph

This study assumes application in predictive systems for identifying critical situations in ergatic systems of maritime transport.

REFERENCES

1. Nosov P.S., Popovych I.S., Cherniavskyi V.V., Zinchenko S.M., Prokopchuk Y.A., Makarchuk D.V. Automated identification of an operator anticipation on marine transport. // Radio electronics, Computer science, Control. – 2020. – № 3 (54). – P. 158–172. DOI: 10.15588/1607-3274-2020-3-15.

2. Прокопчук Ю.А. Набросок формальной теории творчества. Монография. - Днепр : ГВУЗ «ПГАСА», 2017. - 452 с.

3. Прокопчук Ю.А. (2021). Интуиция: опыт формального исследования. Монография. - Днепр: ГВУЗ ПГАСА. (в печати).

4. Технологии построения когнитивных транспортных систем. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 30-31 мая 2018 г. СПб.: ИПТ РАН, 2018. 278 с.

5. Lake B.M., Ullman T.D., Tenenbaum J.B., Gershman S.J. (2016). Building Machines That Learn and Think Like People. Center for Brains, Minds & Machines (CBMM) Memo No. 046. arXiv. 10.1017/S0140525X16001837.

6. Nosov P.S., Palamarchuk I.V., Safonov M.S., Novikov V.I. Modeling the manifestation of the human factor of the maritime crew // Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro) № 5 (77). – 2018. Pages 82-92. doi:10.15802/stp2018/ 147937.

7. Косенко Ю.І., Носов П.С. Механізми ідентифікації та трансформації «знань» суб'єкта критичної інфраструктури // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць [Текст]. — Вип. 3(4) — Одеса: Наука і техніка 2013, С. 99-104.

8. Popovych, I.S., Cherniavskyi, V.V., Dudchenko, S.V., Zinchenko, S.M., Nosov, P.S., Yevdokimova, O.O., Burak, O.O. & Mateichuk, V.M. (2020). Experimental research of effective «The ship's captain and the pilot» interaction formation by means of training technologies. Revista ESPACIOS, Vol. 41(№11). Page 30.

9. Бондарев В.А., Нечаев Ю.И. (2016). Центр оперативного контроля морских катастроф судов промыслового флота. Научный журнал «Известия КГТУ», №43, С. 207 – 220.

10. Chavrak T. eds (2019). Symbiotic Autonomous Systems - White Paper III. IEEE.

11. Myers D.G. (2002). Intuition: Its Powers and Perils. Yale University Press.

12. Kahneman D. (2011). Thinking, Fast and Slow. NY: Farrar, Straus and Giroux.

13. Dreyfus S.E. (2014). System 0: The overlooked explanation of expert intuition. Chapter 2 in M. Sinclair (ed.), Handbook of Research Methods on Intuition. Cheltenham : Edward Elgar Publishers.

14. Nosov P.S., Popovych I.S., Cherniavskyi V.V., Zinchenko S.M., Prokopchuk Y.A., Makarchuk D.V. Automated identification of an operator anticipation on marine transport // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 3. – P 158-172. 10.15588/1607-3274-2020-3-15.

15. Nosov P., Cherniavskyi V., Zinchenko S., Popovych I., Prokopchuk Y., Safonov M. Identification of distortion of the navigator's time in model experiment // Bulletin of University of Karaganda. Instrument and experimental techniques, 2020. - № 4(100). P. 57-70. DOI: 10.31489/2020Ph4/57-70.

16. Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Serhii Zinchenko, Vasyl Cherniavskyi, Viktor Plokhikh, Halyna Nosova (2020). The research on anticipation of vessel captains by the space of Kelly's graph. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial, pp. 90-103.

17. Hawkins J. (2021). A Thousand Brains: A New Theory of Intelligence. Basic Books.

18. Shevchenko, R., Popovych, I., Spytska, L., Nosov, P., Zinchenko, S., Mateichuk, V. & Blynova, O. (2020). Comparative analysis of emotional personality traits of the students of maritime science majors caused by long-term staying at sea. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial, 538-554.

19. LeCun Y., Misra I. (2021). Self-supervised learning: The dark matter of intelligence. https://ai.facebook.com/blog/self-supervised-learning-the-dark-matter-of-intelligence/.

20. Shevchenko, R., Cherniavskyi, V., Zinchenko, S., Palchynska, M., Bondarevich, S., Nosov, P. & Popovych, I. (2020). Research of psychophysiological characteristics of response to stress situations by future sailors. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial. pp. 566-579.

21. Nosov P.S., Zinchenko S.M., Popovych I.S., Ben A.P., Nahrybelnyi Y.A., Mateichuk V.M. Diagnostic system of perception of navigation danger when implementation complicated maneuvers // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 1. – P146-161. DOI: https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-1-15.

22. Zinchenko S.M., Nosov P.S., Mateichuk V.M., Mamenko P.P., Grosheva O.O. Use of navigation simulator for development and testing ship control systems. МНПК пам'яті професорів Фоміна Ю. Я. і Семенова В. С. (FS - 2019), 24 – 28 квітня 2019, Одеса – Стамбул – Одеса. Pages 350-355.

23. Теоретико-методичні засади реалізації компетентнісного підходу в системі ступеневої підготовки фахівців морської галузі (Результати науково-педагогічного експерименту в Херсонській державній морській академії 2014–2018 рр.) : монографія / за наук. ред. В.В. Чернявського, Л.Б. Куликової, В.Ф. Ходаковського – Херсон : ХДМА, 2019. – 544 с.

24. Nosov, P., Ben, A., Zinchenko, S., Popovych, I., Mateichuk, V., Nosova, H.: Formal approaches to identify cadet fatigue factors by means of marine navigation simulators. CEUR Workshop Proceedings, 2732, 823-838 (2020).

25. 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. CEUR Workshop Proceedings, 2608, 12-26 (2020).

26. Zinchenko S.M., Mateichuk V.M., Nosov P.S., Popovych I.S., Appazov E.S. Improving the accuracy of automatic control with mathematical meter model in on-board controller // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. - № 4. – P. 197-207. DOI 10.15588/1607-3274-2020-4-19.

РОЗПІЗНАВАННЯ СИТУАЦІЙ В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ ПОШУКУ ТА УРАЖЕННЯ ОБ'ЄКТА ПРОТИВНИКА ГРУПОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Тристан А.В., Матющенко О.Г.
Харківський національний університет повітряних сил імені Івана Кожедуба (Україна)
Дмітрієв О.М.
Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)

Вступ. Впровадження інтелектуальних технологій до систем військового призначення набуває все більшого поширення. Європейські країни та США орієнтовані на розробку та створення роботизованих комплексів, здатних виконувати завдання автономно чи в симбіозі з людиною. Слід відмітити, що роботизація є необхідною умовою для співпраці з силами НАТО, що потребує чіткого плану розвитку та впровадження сучасних методів та технологій у вже існуючі зразки озброєння та військової техніки в ЗС України. Враховуючи завдання покладені на Повітряні Сили, а саме забезпечення надійного протиповітряного прикриття інших видів і родів військ, нанесення вогневого ураження, ведення повітряної розвідки [1], безпілотні літальні апарати є невід'ємною складовою при веденні бойових дій.

Військово – промисловий комплекс України активно працює над створенням власних роботизованих комплексів та співпрацює з країнами – партнерами. На озброєнні ЗС України перебуває низка безпілотних літальних апаратів (БпЛА): «Raven», PD-1 «ТОР», «Фурія», «Лелека-100», «Bayraktar TB2».

З огляду на роботи [2-5] перспективним напрямком наукових досліджень є створення інтелектуальної підсистеми управління літальними апаратами в складі групи, що дозволила б підвищити імовірність, оперативність та автономність виконання поставлених завдань. Проте, управління групою БпЛА для пошуку та ураження об'єктів є складною, слабоформалізованою задачею, яка вирішується за умови протидії протилежної сторони (конфлікту) та вимагає застосування методології в галузі штучного інтелекту: систем підтримки прийняття рішень, методів представлення та формалізації знань, моделей нечітких множин, інструментарію – формування мультиагентних систем.

Враховуючи розроблену в роботі [3] мета-модель мультиагентної системи пошуку та впливу на наземний об'єкт групою безпілотних літальних апаратів, організація роботи мультиагентної системи має забезпечувати часткову автономність кожного БпЛА групи.

Оскільки управління групою БпЛА має значне когнітивне навантаження оператора управління, створення інтелектуальної систем підтримки прийняття рішень (ІСППР) із елементом розпізнавання ситуацій є необхідним компонентом системи управління групою.

На рисунку 1 представлена об'єктно-орієнтована модель ситуаційного аналізу системи розвідки.

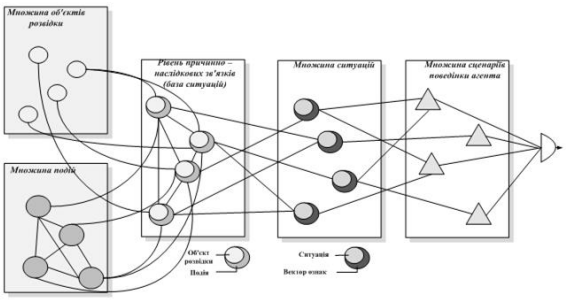


Рисунок 1 – Об'єктно-орієнтована модель ситуаційного аналізу системи розвідки

Розпізнавання ситуацій здійснюється завдяки операціям із базою даних об’єктів розвідки, бази даних подій, бази знань об’єктів, відношень (закономірностей), констант та бази даних ситуацій.

Інструментарієм ситуаційного аналізу для його реалізації у системі розвідки групи БпЛА при виконанні завдань є нечіткі нейронні мережі (ННМ). Застосування ННМ можливе як для обробки зображень на борту БпЛА, розпізнавання зображень отриманих групою БпЛА, так і синтезу поточної інформації та розпізнавання ситуації.

На рисунку 2 розроблена схема функціонування ІСППР розпізнавання ситуацій, яка має багаторівневу структуру.

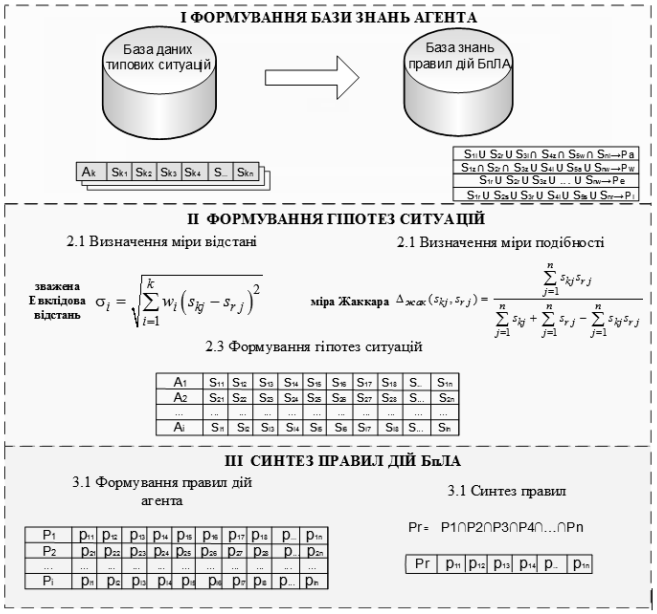


Рисунок 2 – Схема функціонування інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень розпізнавання ситуацій

Перший рівень (підготовчий) − формування бази ситуацій та бази правил для БпЛА. База ситуацій містить множину $\{A_k\}$ ситуацій, кожний елемент якої описується вектором ознак. База правил містить множину правил $\{P_l\}$ представлених у вигляді продукцій, які визначають дії БпЛА (групи БпЛА) такі як: перепланування маршруту, перерозподіл завдань БпЛА, точки (ділянки) та об’єкти моніторингу.

Оскільки кожний елемент класу ситуацій можна представити у вигляді точки в n-мірному просторі, то на другому етапі для визначення розбіжності між об’єктами класів використано метрику, що визначає відстань між елементом класу та отриманими даними.

Для визначення відстані між елементами вектора ознак отриманих в результаті розвідки $\{A_r\}$ та вектору ознак бази ситуацій $\{A_k\}$ доцільне використання зваженої Евклідової відстані, яка визначається формулою:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} w_i \left(s_{kj} - s_{rj}\right)^2} \qquad (1)$$

де w_i − вага ознаки, пропорційна її важливості в структурі визначення ситуації;

s_{kj} − значення елемента вектора ознак ситуації k_j бази ситуацій;

s_{rj} − значення елемента вектора ознак r_j, отриманого в процесі розвідки.

Визначення ваги ознак w_i здійснюється методом експертних оцінок, що дозволить визначити найбільш пріоритетні ознаки (на які слід звернути увагу) в загальній системі розпізнавання ситуацій.

Для відсіювання ситуацій, які мають спільні вектори ознак, проте кардинально відрізняються значенням, використано значення σ', яке є рівнем відбору ситуацій. Значення σ' обчислюється як $\sigma' = 0{,}5 * s_{kj}$, що визначено шляхом моделювання. Якщо хоча б один елемент вектора ознак ситуації не задовольняє умові $\sigma' > \sigma_i$, то вважається не доцільним її розгляд в подальшому.

Наступним етапом є визначення міри подібності між гіпотезами ситуацій та базою ситуацій. В якості визначення міри подібності гіпотез ситуацій обрано коефіцієнт Жаккара [6], який визначається формулою:

$$\Delta_{жак}(s_{kj}, s_{rj}) = \frac{\sum_{j=1}^{n} s_{kj} s_{rj}}{\sum_{j=1}^{n} s_{kj} + \sum_{j=1}^{n} s_{rj} - \sum_{j=1}^{n} s_{kj} s_{rj}} \qquad (2)$$

Коефіцієнт Жаккара має просту реалізацію та використовується для визначення подібності двох об’єктів, що дозволяє ранжувати та сформувати набір гіпотез ситуацій.

Третій рівень забезпечує відбір правил дій БпЛА (групи) із бази правил та їх синтез. Синтез правил здійснюється шляхом поєднання (узагальнення) правил поведінки БпЛА, що за рахунок синергії дозволить сформувати першочергові заходи необхідні для підтвердження чи спростування гіпотез.

Висновки. З огляду на тенденції розвитку безпілотної авіації та напрямку розвитку Повітряних Сил ЗС України, розробка системи управляння різнорідними безпілотними системами є перспективною та необхідною в умовах ведення операції Об’єднаних сил. Управління групою безпілотних літальних апаратів для пошуку та ураження об’єктів противника доцільно створювати як мультиагентну систему – систему інтелектуальних агентів − БпЛА. Для забезпечення інтелектуальності роботи агентів в роботі розроблена схема функціонування ІСППР, елементом якої є підсистема розпізнавання ситуацій, яка має бути інтегрована до системи управління БпЛА та технічно і програмно реалізована в якості бортової компоненти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт Ukrainian Military Pages. Візія Повітряних Сил 2035, затверджена Військовою Радою Повітряних Сил від 15.05.2020 року. — Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1N3tahxAhqpNUIoz-xbgVDKG-1YJmgpsK/view.

2. Shmelova T., Bondarev, D. Automated System of Controlling Unmanned Aerial Vehicles Group Flight: Application of Unmanned Aerial Vehicles Group. Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Logistics and Supply Chain Management. 2019. P. 208-242.

3. Матющенко О.Г., Кадубенко В.С., Сєдаш С.П., Сізон Д.О. Мультиагентна модель групового застосування безпілотних літальних апаратів при виконанні спеціальних місій. Polish Journal Of Science. 2021. Vol.1, No 35. P. 13 – 19.

4. Cummings M.L., How J.P., Whitten A. Toupet O. The Impact of Human–Automation Collaboration in Decentralized Multiple Unmanned Vehicle Control. Proceedings of the IEEE. 2012. № 100(3). P. 660 – 671.

5. Бугайченко, Д.Ю. Разработка и реализация методов формально-логической спецификации самонастраивающихся мультиагентных систем с временными ограничениями: дис. канд физ.-мат. наук. Санкт-Петербург, 2007. 261 с.

6. Альперт С.І. Основні міри подібності та нові підходи до їх застосування при класифікуванні гіперспектральних космічних зображень. Математичні машини і системи. 2019. № 1. С. 143 – 151.

СЕКЦІЯ:

ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДІАДИ «ЛЮДИНА-ЛЮДИНА» В ПРОЦЕСІ КОРЕКЦІЇ НЕДИСЦИПЛІНОВАНОСТІ КУРСАНТІВ - АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ»

Камишин В.В.
Український інститут науково-технічної експертизи та інформації
(Україна, м. Київ)
Рева О.М.
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)
Шульгін В.А., Сагановська Л.А., Невиніцин А.М.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна, м. Кропивницький)

Останні десятиліття дослідники безпеки польотів (БП) як комплексної характеристики авіаційної транспортної системи визначають стабільний і високий негативний вплив на її показники людського чинника (ЛЧ), що обумовлює абсолютну більшість авіаційних подій і серйозних інцидентів. Серед різних категорій авіаційного персоналу, який тим чи іншим чином впливає на зазначену безпеку, слід особливо виділити роль авіаційних операторів (АО) «переднього краю», до яких віднесені члени льотного екіпажу та диспетчери управління повітряним рухом (УПР). Причому загальновизнано, що дослідження і вдосконалення саме їх професійної діяльності й є головним чинником покращення показників БП.

Доведено, що реалізація концепції поточної парадигми БП ICAO [1] буде більш ефективною, якщо в голову кута поставити такий її складник, як «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», який грунтовно пояснює взаємодію усіх інших її складників саме з точки зору впливу ЛЧ [2-4 та ін.]. З іншого боку, системному уявленню проблем ЛЧ сприяє також модель SHEL ICAO (рис. 1), де зазначене «ставлення» має досліджуватися через стикання / нестикання інтерфейсів «людина – процедури». Досвід досліджень [5-7 та ін.] вказує на можливість інтерпретації цього стикання / нестикання й через недисциплінованість авіаційного персоналу. Зокрема йдеться про курсантів-АО «переднього краю» (АОПК), до яких віднесено молодих пілотів і авіадиспетчерів.

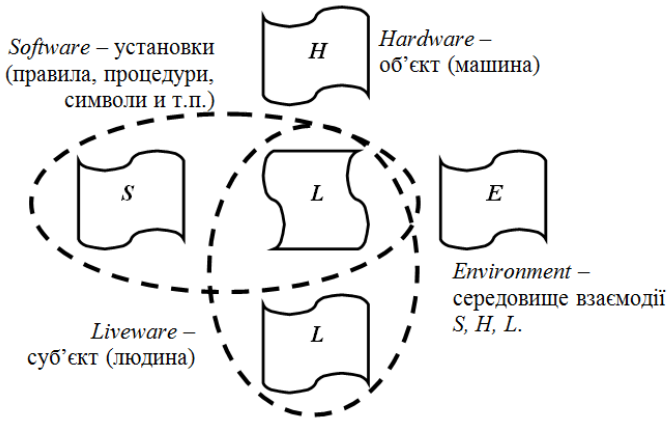


Рисунок 1 – Рекомендована ICAO модель SHEL дослідження людського чинника (E. Edvards & F. H. Hawkins)

Перелік характерних рис недисциплінованості (ХРН), сформований з урахуванням рекомендацій ICAO та суттєвого особистого досвіду науково-педагогічної діяльності авторів цієї праці представлений в табл. 1.

Таблиця 1 – Спектр характерних рис недисциплінованості, якої припускаються курсанти-авіаційні оператори «переднього краю» в процесі підготовки

$ХРН_i$	Сенс недисциплінованості	$ХРН_i$	Сенс недисциплінованості
1	2	3	4
$ХРН_1$	Пропускає заняття без поважних причин	$ХРН_{10}$	Не визнає колективних дій
		$ХРН_{11}$	Ухиляється від роботи на заняттях
$ХРН_2$	Вважає, що все неправильно: критикує систему навчання, обладнання і взагалі все, що бачить	$ХРН_{12}$	Не виконує вказівок і робить все по-своєму
		$ХРН_{13}$	Не робить спроб допомогти товаришам або викладачам
$ХРН_3$	Вороже налаштований, причепливий, завжди готовий до сварки і провокує її		
$ХРН_4$	Надмірно наполегливий, прагне будь-якою ціною, навіть за рахунок товаришів, виконати доручене, найвищою мірою егоїстичний	$ХРН_{14}$	Безвідповідальний, безтурботний, недбалий у використанні устаткування, неохайний, нетактовний
		$ХРН_{15}$	Розсіяний, такий, у якого думки завжди сконцентровані не на предметі вивчення, плутає реальне з вимислом
$ХРН_5$	Марнотрат часу, балакун, працює з небажанням та повільно		
$ХРН_6$	Боязливий (боїться своїх товаришів і викладачів), працює один, зазвичай не просить допомоги та не прагне до успіху	$ХРН_{16}$	Імпульсивний, прагне якнайшвидше одержати результат, не задумуючись про його правильність
		$ХРН_{17}$	Несамостійний, йде за думкою товаришів
$ХРН_7$	Незацікавлений, завжди неуважний і швидкий	$ХРН_{18}$	Систематично запізнюється на заняття
$ХРН_8$	Зарозумілий всезнайко, бачить мало користі від занять, сам собі викладач, «вважає, що його система підготовки краще», просторікуватий і балакучий	$ХРН_{19}$	Не виконує домашні завдання
		$ХРН_{20}$	Не відвідує загальноінститутські, загальнофакультетські заходи
$ХРН_9$	Повільний, завжди бракує часу закінчити роботу, хоча завжди виконує те, що необхідно	$ХРН_{21}$	Несвоєчасно повертає літературу до бібліотеки

Таким чином, управління процесом початкової підготовки молодих АОПК має передбачати не лише розвиток професійно важливих знань, вмінь, навичок, але і корекцію хибних властивостей, до яких віднесено і недисциплінованість. І тут провідне місце має зайняти стикання / нестикання блоків «людина - людина» моделі SHEL, що відповідним чином позначено на рис. 1. При цьому у разі несумісності характерів курсантів-АОПК і інструктора / науково-педагогічного працівника, доцільна заміна останнього.

Виходячи з досвіду досліджень [5, 8-10 та ін.], взаємодію в діаді «людина - людина» моделі SHEL доцільно розглядати як кооперативну динамічну неантагоністичну гру з ненульовою сумою, що визначає застосування для її моделювання відповідний математичний апарат [11-13 та ін.]. При цьому, з одного боку, слід привернути особливу увагу на знаходження точки рівноваги Неша, що визначає раціональне співвідношення зусиль обох сторін досліджуваної діади для досягнення бажаного кінцевого результату

професійної підготовки молодих курсантів-АОПК. З іншого ж боку, необхідно визначитися зі стратегіями членів діади. Що й має бути завданням подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Safety Management Manual (SMM). Doc ICAO 9859 AN/460. 4th ed. (Advance Unedited). Montreal, Canada. 2018. p. 182.
2. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів / О.М. Рева, С.П. Борсук, В.А. Шульгін, Б.М. Мірзоєв, П.Ш. Мухтаров, Ш.Ш. Насіров // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : м-ли VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 24-26 травня 2016 р. – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 90-97.
3. Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах : монографія / О.М. Рева, С.П. Борсук, В.В. Камишин, В.А. Шульгін, В.Д. Пархоменко, В.О. Липчанський; за наук. ред. О.М. Реви. – Київ : УкрІНТЕІ, 2019. – 166 с.
4. Oleksii Reva, Andrii Nevynitsyn, Serhii Borsuk, Valerii Shulgin and Volodymyr Kamyshyn (December 23rd 2020). Air Traffic Controllers' Attitude to the Mistakes Hazards during Their Professional Experience // Safety and Risk Assessment of Civil Aircraft during Operation, Longbiao Li, IntechOpen, - P.113-127. DOI: 10.5772/intechopen.91937.
5. Камишин, В.В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія / В.В. Камишин, О.М. Рева. – Київ : ТОВ «Інформаційні системи», 2012. – 270 с.
6. Камишин В.В. Людський чинник: проблеми недисциплінованості курсантів-авіаційних операторів «переднього краю» / В.В. Камишин, О.М. Рева, Л.А. Сагановська // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT - 2020) : зб. м-лів XII Міжнар. наук.-практ. конф., - Херсон, 27-29 травня 2020 року, - Херсон : ХДМА, 2020. – С. 26-31.
7. Завдання кваліметрії, діагностики і корекції недисциплінованості авіаційних операторів «переднього краю» під час початкової професійної підготовки / О.М. Рева, В.В. Камишин, В.А. Шульгін, Л.А. Сагановська // Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика : тези допов. VII Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 9-12 вересня 2020 р., - Херсон : ХДМА, 2020. – С. 55-62.
8. Рева О.М. Порівняльний аналіз оптимальних стратегій поведінки учасників конфлікту «викладач – студент» (погляд сторін) / О.М. Рева, В.О. Липчанський, О.М. Медведенко [та ін.] // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. (Болонський процес в Україні) : в 2-х ч. – Ч. ІІ. – К. : НМЦВО МОН України, 2005. – Вип. 46. – С. 180–185.
9. Рева О.М. Розв'язання конфліктної ситуації в діаді «викладач - студент» методами теорії ігор / О.М. Рева // Наукові праці академії : зб. наук. пр. – Кіровоград: ДЛАУ, 2007. – Вип. XII. – С. 17-28.
10. Камишин В.В. Врахування людського чинника при моделюванні взаємодії учасників діади «викладач – студент» / В.В. Камишин // Освіта та розвиток обдарованої особистості : щомісяч. наук.-метод. журн. – К. : ІОД, 2014. – № 5(25), травень. – С. 40-46.
11. Губко М.В. Теория игр в управлении организационными системами / М. В. Губко, Д.А. Новиков. – Москва : ИПУ, 2005. – 138 с.
12. Дослідження операцій. Ч. 3. Ухвалення рішень і теорія ігор / М.Я. Бартіш, І.М. Дудзяний. – Львів : Видавничий центр Львівського національного університету ім. І. Франка, 2009. – 277 с.
13. Диксит А.К. Теория игр. Искусство стратегического мышления в бизнесе и жизни / Авинаш К. Диксит, Барри Дж. Нейлбафф. – Москва : Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2019. - 464 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЕРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА

Рева О.М.
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)
Борсук С.П.
Університет Веньчжоу
(Китай)
Засанська С.В.
Український інститут науково-технічної експертизи та інформації
(Україна, м. Київ)
Яроцький С.В.
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Ось вже майже три чверті століття алюдський чинник (ЛЧ) відіграє негативну і ключову роль на транспорті, будучи першопричиною абсолютної більшості авіаційних подій (АП) і серйозних інцидентів (СІ). Навіть повсюдне визнання ролі ЛЧ, узагальнення ІСАО відповідного досвіду попередження зазначених подій в провідних авіакомпаніях та авіаційних адміністрацій світу, видання десятків циркулярів, де розкритий цей досвід [1-3 та ін.], не змогло суттєвим чином зменшити хибну роль ЛЧ. При цьому українським вченим належить пріоритет в упорядкуванні і обґрунтуванні взаємного впливу складників поточної парадигми безпеки польотів (БП) ІСАО саме з позицій впливу ЛЧ на показники і характеристики прийняття рішень (ПР) авіаційними операторами (АО) «переднього краю» (пілотами, диспетчерами управління повітряним рухом (УПР)). Такий підхід є цілком закономірним, оскільки професійна діяльність АО «переднього краю» (АОПК) зазвичай розглядається як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явних і неявних формах під впливом багатьох різних чинників (внутрішніх / зовнішніх, об’єктивних / суб’єктивних), особливо ризиків і невизначеності. І слід особливо зазначити, що показники і характеристики впливу ЛЧ на ПР комплексно утворюють «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», визначаючи цей складник парадигми БП ІСАО як чільний [4-9 та ін.]. Тому його дослідження є актуальною і науковою, і практичною задачею.

В контексті цієї публікації розглядатимемо таку складову зазначеного «ставлення», як системи переваг (СП) на показниках і характеристиках професійної діяльності АОПК, зокрема небезпеках характерних помилок, яких можуть припуститися диспетчери УПР (ДУПР). Тоді відповідна СП – це формальний опис - ранжирування цих помилок від більш небезпечної до менш небезпечної. Перелік самих помилок представлений в табл. 1, а результати комплексних досліджень їх небезпек узагальнені у праці [9]. Підкреслімо, що побудова індивідуальних СП (ІСП) і групових СП (ГСП) ДУПР на небезпеках спектру характерних помилок має безумовний позитивний і саме проактивний вплив на БП, оскільки сприяє (не ранжируючи):

по-перше, формуванню навичок ментального передбачення загроз, а отже і їх запобігання в професійній діяльності. Що переконливо підтверджують результати тренажерної підготовки ДУПР [9];

по-друге, виявленню вад концептуальної моделі діяльності як наслідків недоліків організації професійної підготовки чи впливу інструкторського персоналу, унікальний професійний досвід якого попадання і долання потенційно-конфліктних, конфліктних і аварійних ситуацій під час УПР може бути недостатньо досконало узагальнений;

по-третє, виявленню вад групового мислення, що сформувалося у конкретному диспетчерському соціумі, наприклад в диспетчерській зміні чи службі руху в цілому, і на яке можуть вплинути групові деформації і зрушення ризику;

по-четверте, виявленню недоліків системи управління БП тощо.

Таблиця 1 – Спектр більш характерних помилок, яких можуть припуститися диспетчери управління повітряним рухом в професійній діяльності

$П_i$	Характер помилки	$П_i$	Характер помилки
$П_1$	Порушення фразеології радіообміну.	$П_{12}$	Порушення диспетчером узгодженого географічного рубежу передачі УПР
$П_2$	Неузгодженість входу повітряного судна в зону суміжного УПР	$П_{13}$	Порушення диспетчером узгодженого часового рубежу передачі УПР
$П_3$	Порушення побіжних часових інтервалів		
$П_4$	Порушення зустрічних часових інтервалів	$П_{14}$	Недбалість в нанесенні на стрип літерно-цифрової інформації (можливість двоякої інтерпретації)
$П_5$	Порушення інтервалів між повітряними суднами, що знаходяться на курсах, що перетинаються	$П_{15}$	Неекономічне УПР
$П_6$	Безадресна передача повідомлень диспетчером	$П_{16}$	Порушення процедури прийому і здачі чергування
$П_7$	Помилка у визначенні позивного повітряного судна	$П_{17}$	Не відображення на стрипі виданих команд щодо зміни висоти або напрямку польоту
$П_8$	Помилка в ідентифікації повітряного судна		
$П_9$	Помилкове використання диспетчерського графіку	$П_{18}$	Спроба керувати повітряним судном після спрацьовування на ньому системи TCAS режимі resolution advice
$П_{10}$	Відсутність на стрипі позначки диспетчера про передачу управління суміжному диспетчерському пункту	$П_{19}$	Помилки вводу інформації про повітряне судно в автоматизовану систему
$П_{11}$	Відсутність на стрипі позначки диспетчера щодо узгодження входу повітряного судна в зону УПР суміжного диспетчерського пункту	$П_{20}$	Порушення технології праці в особливих випадках у польоті
		$П_{21}$	Порушення в використанні повітряного простору

Зауважимо, що СП встановлюється у шкалі впорядкування, над вимірами якої можна робити лише обмежені математичні перетворення [10-12 та ін.]:

встановлення рангів упорядкованих альтернатив-помилок R_i і обчислення символу (дельти) Кронекера:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } i = j \\ 0, \text{ якщо } i \neq j \end{cases}. \quad (1)$$

З числами R_i і δ_{ij} можна «працювати» довільно: крім знаходження частот і мод (як для номінальної шкали), з'являється можливість:

- визначити вибіркову медіану, тобто спостереження з рангом R_i, найближчим до числа $n/2$;

- можна розбити всю вибірку на частини у будь-якій пропорції, знаходячи вибіркові квантилі будь-якого рівня p, $0 < p < 1$ (тобто спостереження з рангом R_i, найближчим до величини np);
- можна визначити коефіцієнти рангової кореляції R_S Спірмена між серіями порядкових спостережень, чи коефіцієнт множинної рангової кореляції – коефіцієнт конкордації (згоди) Кендала W;
- будувати за допомогою отриманих величин інші статистичні процедури.

Однак, слід зауважити, що обчислення коефіцієнту рангової кореляції Спірмена R_S, що дозволяє порівнювати СП, та коефіцієнту конкордації (згоди) Кендалла, що визначає ступінь узгодженості ГСП, вимагає здійснення над якісними ранговими оцінками таких математичних перетворень, що не властиві вимірам шкали впорядкування, тому й не були перелічені вище. Уявляється можливим усунути наведений недолік, якщо поставити у відповідність рангам досліджуваних альтернатив-помилок з ІСП чи ГСП зважені коефіцієнти значущості, математичні перетворення над якими відповідають кваліметрічним особливостям абсолютних шкал [9-14]. Тобто, йдеться про нібито таке зовнішньо просте перетворення:

$$\forall \Pi_{\underset{i=1,n}{i}} \Rightarrow \alpha_{\Pi_i}: 0 \le \alpha_{\Pi_i} \le 1, \sum_{i=1}^{n} \alpha_{\Pi_i} = 1 \qquad (2)$$

Якщо йдеться про статистично узгоджену ГСП (коефіцієнт конкордації Кендалла не менше за критеріальну величину W і $0{,}7$ і є статистично вірогідним на прийнятому рівні значущості α), та й ще непараметрично оптимізовану за допомогою медіани Кемені, то шукані коефіцієнти значущості легко знаходять за допомогою методу розстановки пріоритетів (МРП), відомого також як «задача про лідера» [15, 16], який пройшов добру апробацію в дослідженнях гуманістичних (у розумінні Л. Заде [17]) систем, зокрема освітянських і авіаційних.

Однак, при застосуванні МРП порівняльна значущість порівнюваних альтернатив знаходиться з відомого нормативного розподілу цієї значущості між ними, що більш часто застосовується у практиці експертних досліджень [9, 16, 18, та ін.]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 2, \text{ якщо альтернатива – помилка } \Pi_i \text{ більш важлива за } \Pi_j: \Pi_i \succ \Pi_j \\ 0, \text{ якщо навпаки}: \Pi_i \prec \Pi_j \\ 1, \text{ якщо альтернативи – помилки однаково небезпечні}: \Pi_i \approx \Pi_j \end{cases} \qquad (3)$$

Показник c_{ij} є нібито універсальним, однак не враховує семантичного змісту порівнюваних альтернатив, що є методологічно невірним. Адже в такому випадку нормативний розподіл сумарної значущості «2» між порівнюваними альтернативами буде однаковим й саме для небезпек помилок, й для марок автомобілів, й для характерних рис інноваційної привабливості об’єктів інтелектуальної власності, й для порівнюваних фруктів тощо.

Вважаємо, що сформульований недолік усувається шляхом застосування більш тонкого за виміром диференційного методу визначення показника c_{ij} [9, 19, 20]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 51 \div 100, \text{ якщо альтернатива – помилка } \Pi_i \text{ більш важлива за } \Pi_j: \Pi_i \succ \Pi_j \\ 0 \div 49, \text{ якщо навпаки}: \Pi_i \prec \Pi_j \\ 50, \text{ якщо альтернативи – помилки однаково небезпечні}: \Pi_i \approx \Pi_j \end{cases}. \qquad (4)$$

Застосування виразу (4) дозволяє повною мірою розв’язати загальний підхід до виявлення частини порівняльної значущості порівнюваних помилок, що відноситься до одного з методів побудови ІСП [9, 16, 18, 21, 22 та ін.]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1 + z, \text{ факт переваги } \Pi_i \succ \Pi_j \\ 1, \text{ факт рівноцінності } \Pi_i \approx \Pi_j, \\ 1 - z, \text{ факт переваги } \Pi_j \succ \Pi_i \end{cases} \quad (5)$$

де z - кількісний показник ступеня пріоритету, що визначається так:

$$z = \left(\frac{K_p - 1}{K_p + 1} + \sqrt{\frac{0{,}05}{n}}\right), \quad (6)$$

де $n=21$ –кількість ранжируваних ДУПР помилок;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, що встановлює межі зміни ступеня небезпеки в досліджуваних помилках:

$$K_p = \frac{C(\Pi_i^{max})}{C(\Pi_j^{min})} K_p = \frac{C\left(P_i^{max}\right)}{C\left(P_j^{min}\right)}, \quad (7)$$

де Π_i^{max}, Π_j^{min} – помилки відповідно з максимальною і мінімальною оцінкою C їх небезпеки.

І оскільки показники $C(\Pi_i^{max})$, $C(\Pi_j^{min})$ знаходяться за допомогою диференційного методу встановлення порівняльної небезпеки помилок, визначеному виразом (4), в абсолютній 100-бальній шкалі, то подальша реалізація формул (7) → (6) →(5) не викликає труднощів і повною мірою відповідає вимогам кваліметричної теорії.

Висновки. Таким чином, виходячи з отриманих і представлених в цій публікації результатів досліджень, слід привернути увагу до таких більш важливих положень.

Експертні технології продовжують грати помітну роль в дослідженнях ЛЧ, однак, спостерігаються вади їх застосування, оскільки не повною мірою враховують важливі положення кваліметричної теорії.

Важливим здобутком сучасної експертної технології слід вважати запропонований перехід від обмеженого статистичного аналізу рангів порівнюваних альтернатив-помилок ДУПР до відповідних зважених коефіцієнтів, які, спираючись на статистично-узгоджені ГСП, зручно встановлювати МРП, відомим також як «задача про лідера».

Застосування диференціального методу визначення частини від сумарної небезпеки порівнюваних альтернатив-помилок ДУПР сприяє більш тонкому виміру їх загроз і розподіл як на рівні побудови ІСП і ГСП, так і застосування МРП для встановлення зважених коефіцієнтів небезпек.

Запропоновані рекомендації є універсальними і можуть бути легко адаптованими для диференційного налаштування розподілу сумарної значущості порівнюваних альтернатив з урахуванням їх семантичного змісту. А отже і для подальшого вдосконалення експертних технологій для побудови ІСП і ГСП, а також обчислення коефіцієнту рангової кореляції Спірмена і коефіцієнту конкордації Кендалла для будь-яких напрямів експертних досліджень.

Вважаємо, що подальші дослідження слід продовжити у таких напрямах (не ранжируючи):

- перетворення формул обчислення коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена і конкордації Кендалла для застосування замість рангів альтернатив відповідних їм коефіцієнтів значущості;
- актуалізація і розширення спектру характерних помилок з урахуванням статистики сучасної статистики АП і СІ в аеронавігаційних системах;
- розроблення інтелектуального модулю моніторингу помилок ДУПР тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основные принципы учета человеческого фактора в руководствах по проведению проверок безопасности полетов. Doc ICAO 9806 AN/763. Montreal, Canada. 2002. p. 224.

2. Threat and Error Management in Air Traffic Control. Cir. ICAO 314 AN/763. 2008. p. 35.

3. Safety Management Manual (SMM). Doc ICAO 9859 AN/460. 4th ed. (Advance Unedited). Montreal, Canada. 2018. p. 182.

4. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів / О.М. Рева, С.П. Борсук, В.А. Шульгін, Б.М. Мірзоєв, П.Ш. Мухтаров, Ш.Ш. Насіров // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : м-ли VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 24-26 травня 2016 р. – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 90-97.

5. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation [Text] / O. Reva, S. Borsuk, B. Mirzayev, P. Mukhtarov // Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27–31, 2016, Walt Disney World, Florida, USA. – P. 137-147.

6. Ergonomic Assessment of Instructors' Capability to Conduct Personality-Oriented Training for Air Traffic Control (ATC) Personnel / Oleksii Reva (&), Sergii Borsuk, Valeriy Shulgin, and Serhiy Nedbay // Advances in Human Factors of Transportation Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors in Transportation, July 24–28, 2019, Washington D.C., USA. - P. 783-793.

7. Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах : монографія / О.М. Рева, С.П. Борсук, В.В. Камишин, В.А. Шульгін, В.Д. Пархоменко, В.О. Липчнський ; за наук. ред. О.М. Реви. – Київ : УкрІНТЕІ, 2019. – 166 с.

8. Oleksii Reva, Andrii Nevynitsyn, Serhii Borsuk, Valerii Shulgin and Volodymyr Kamyshyn (December 23rd 2020). Air Traffic Controllers' Attitude to the Mistakes Hazards during Their Professional Experience // Safety and Risk Assessment of Civil Aircraft during Operation, Longbiao Li, IntechOpen, - P.113-127. DOI: 10.5772/intechopen.91937.

9. Людський чинник: Методологія проактивної квалиметрії загроз помилок авіадиспетчерів : монографія / О.М. Рева, В.В. Камишин, С.П. Борсук, А.М. Невиніцин, В.А. Шульгін ; за ред. О.М. Реви. – Київ : УкрІНТЕІ, 2020, - 126 с.

10. Пфанцагль И. Теория измерений / И. Пфанцагль. – Москва : Мир, 1976. - 248 с.

11. Пиотровский Я. Теория измерений для инженеров : пер. с польск. А.В. Левицкого / Я. Пиотровский ; под ред. Р.Н. Овсянникова. – Москва : Мир, 1989. - 335 с.

12. Пытьев Ю.П. Математические методы интерпретации эксперимента. – Москва : Высшая школа, 1989. - 351 с.

13. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В.В. Подиновский. – Москва : Физматлит, 2007. – 64 с.

14. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ : учеб. пособ. / В.И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 440 с.

15. Берж К. Теория графов и ее применение / К. Берж ; пер. с. франц. – М. : ИЛ, 1962. – 320 с.

16. Блюмберг В.А. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов / В.А. Блюмберг, В.Ф. Глущенко. – Л. : Лениздат, 1982. – 160 с.

17. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Заде Л. ; под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского ; пер. с англ. Н.И. Ринго. – Москва : Мир, 1976. – 165 с.

18. Самохвалов Ю.Я. Экспертное оценивание: Методический аспект / Ю.Я. Самохвалов, Е.М. Науменко. – Киев : ДУІКТ, 2007. – 362 с.

19. Апробація диференціального підходу до визначення небезпек помилок авіадиспетчерів у професійній діяльності / О.М. Рева, В.В. Камишин, А.М. Невиніцин,

В.А. Шульгін // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2019 : матеріали 10-ї Міжнародної науково-практичної конференції, - Херсон, 12-13 вересня 2019 р., - Херсон : ХДМА, 2019. – С. 304-307.

20. Диференціальний метод встановлення порівняльної небезпеки помилок авіадиспетчерів / О.М. Рева, В.В. Камишин, А.М. Невиніцин, В.А. Шульгін // Наука, технології, інновації : наук ж. – Київ : УкрІНТЕІ, 2019. - № 3 (11). – С. 70-82. http://doi.org/10.35668/2520-6524-2019-3-08.

21. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. – Т. 3: Эффективность технических систем / под общ. ред.: В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – Москва : Машиностроение, 1988. – 328 с.

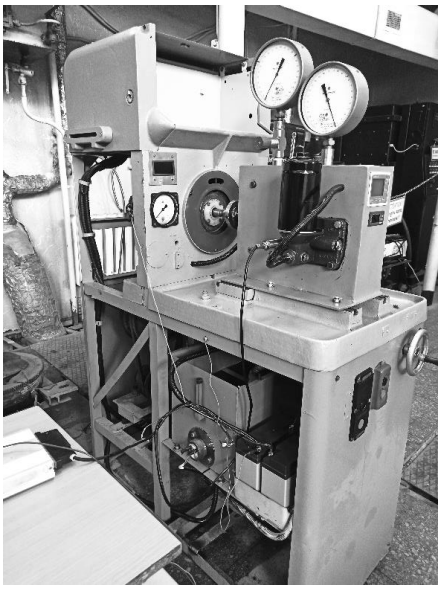
22. Oleksii Reva, Andrii Nevynitsyn, Serhii Borsuk, Valerii Shulgin and Volodymyr Kamyshyn (December 23rd 2020). Air Traffic Controllers' Attitude to the Mistakes Hazards during Their Professional Experience // Safety and Risk Assessment of Civil Aircraft during Operation, Longbiao Li, IntechOpen, - P. 113-127. DOI: 10.5772/intechopen.91937.

СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ МАЩЕННЯ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Савчук В.П., Курносенко Д.В., Вислоцький С.С.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Для дослідження робочих параметрів елементів системи мащення високообертових (ВОД) двигунів внутрішнього згоряння на кафедрі експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії розроблено конструкцію та виготовлено стенд. Базою для стенду слугує стенд для перевірки та регулювання паливних насосів високого тиску СДТА-1.

На даному стенді виконуються дослідження параметрів складових елементів ділянки подачі та очищення масла систем мащення ВОД. Загальний вигляд вищевказаного стенду зображено на рис. 1.



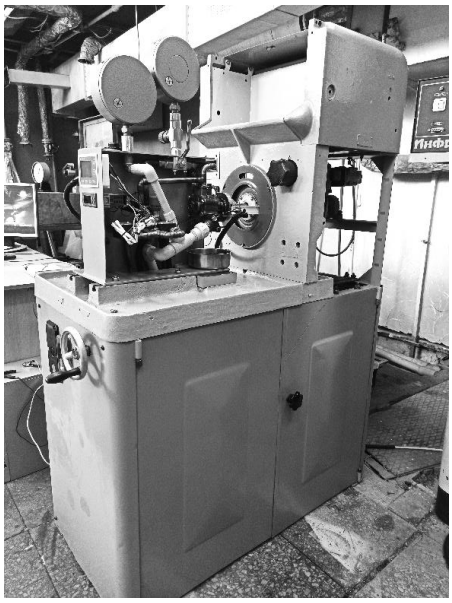


Рисунок 1 – Загальний вигляд стенду для дослідження експлуатаційних параметрів елементів систем мащення ВОД

Працює привід стенду наступним чином (рис. 2). Рух від електродвигуна 1 через клинопасову передачу передається проміжному валу, на якому насаджений шків 6, далі – на варіатор, до валу приводу насоса 16, на якому встановлено муфту 17. Вона служить для приєднання насоса до валу. Зміна швидкості обертання валу приводу здійснюється рукояткою 12. При обертанні рукоятки конічна шестерня 9 через шестерню 8 обертає вертикальний вал 11. При цьому переміщається гайка 10 і піднімає (або опускає) вільний кінець рамки 7. Якщо рамка 7 піднімається вгору, то шків 14, що вільно сидить на валу 13, переміщається вліво, діаметр струмка, утворений правим нерухомим шківом 14 і рухомим 15, зменшується, а діаметр струмка, утворений лівим нерухомим шківом 14 і рухомим 15, збільшується; швидкість обертання валу приводу 16 зростає. При опусканні рамки вниз шків 15 переміщається вправо і діаметр правого струмка збільшується, а лівого – зменшується. Швидкість обертання валу приводу при цьому зменшується.

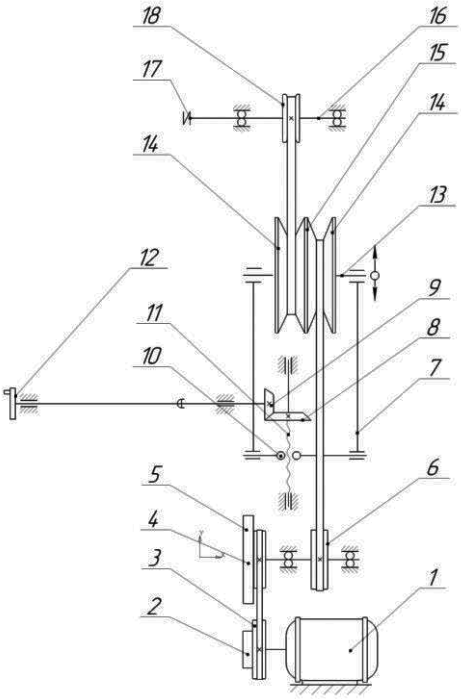


Рисунок 2 – Кінематична схема приводу стенду: 1 – електродвигун; 2, 3, 4, 5, 6 – шківи; 7 – рамка; 8, 9 – шестерні; 10 – гайка; 11, 13, 16 – вали; 12 – рукоятка; 14, 15 – шківи варіатору; 17– сполучна муфта

На стенді здійснюються дослідження робочих параметрів масляного насосу *GP* та фільтру *F*1, що використовуються на ВОД. В даному випадку використовується масляний насос 50-1403010-Б1 та корпус масляного фільтру 245-1017015-Б, що застосовуються у високообертових дизельних двигунах Д-246.4 (4ЧН11/12,5).

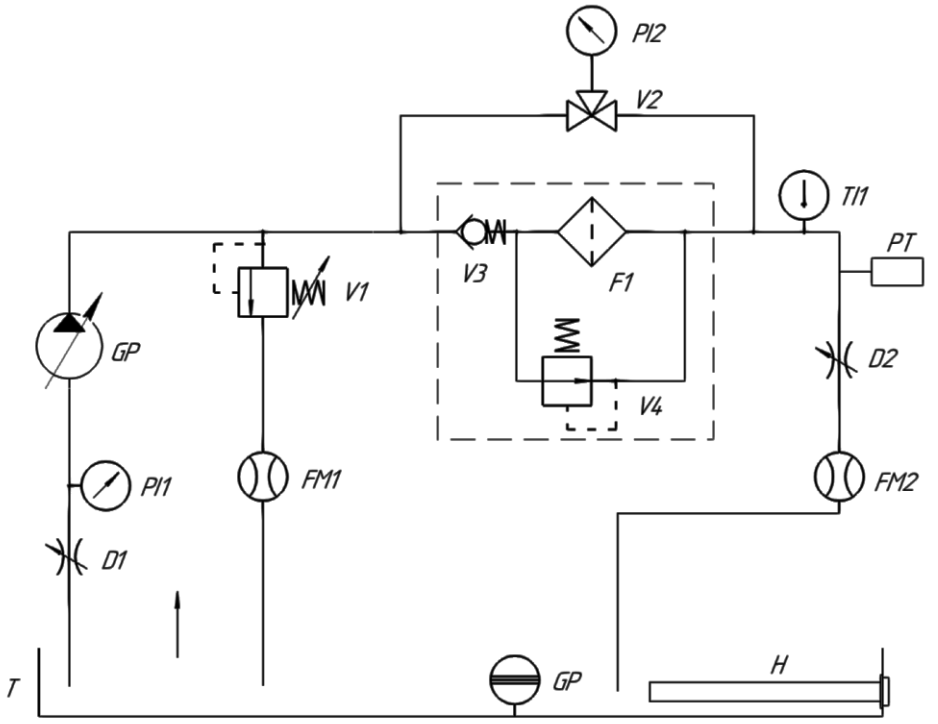


Рисунок 3 – Гідравлічна схема стенду: *GP* – масляний насос; *D*1, *D*2– регульований дросель; *V*1 – запобіжний регульований клапан поршневого типу; *F*1 – масляний фільтр; *PI*1 – вакуумметр; *PI*2 – манометр; *V*2 – 3-х ходовий кран; *FM*1, *FM*2 – витратомір; *V*3 – незворотний клапан пластинчастого типу; *H* – електронагрівач моделі ЕНПк

Параметри запобіжного клапану може бути змінено шляхом зміни попереднього затягування пружини. Даний клапан забезпечує підтримку встановленого виробником тиску масла в системі при роботі двигуна при номінальній частоті обертання колінчастого валу.

Контроль температури моторного масла стенду здійснюється за допомогою терморегулятору. Вимірювання частоти обертання вхідного валу масляного насосу здійснюється цифровим тахометром. Додатково відбувається вимірювання та реєстрація параметрів пульсацій тиску моторного масла в магістралі за допомогою датчика тиску.

Реєстрація сигналів здійснюється за допомогою діагностичного комплексу «Autoscanner». Даний комплекс дозволяє відображати на екрані ПК осцилограми сканованих сигналів в реальному масштабі часу, вимірювати їх амплітуду в діапазоні 0-15В. Зразок отриманих осцилограм наведено на рис. 4.

Отримані осцилограми пульсацій тиску в напірній магістралі системи мащення синхронізовано із сигналами датчика частоти обертання вхідного валу масляного насосу.

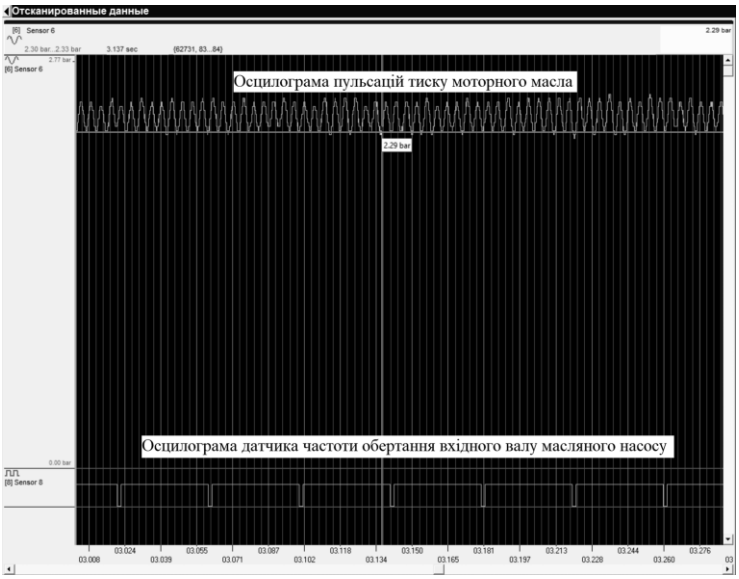


Рисунок 4 – Результати вимірювання параметрів пульсації тиску моторного масла SAE30 при температурі tм = 85 ℃ та частоті обертання вхідного валу масляного насосу 1500 хв-1

Таким чином, даний стенд для дослідження робочих параметрів елементів системи мащення надає можливості в достатньому об’ємі здійснювати імітацію умов експлуатації елементів ділянки подачі та очищення масла та здійснювати їх реєстрацію як візуально, так і за допомогою цифрових датчиків та діагностичного комплексу «Autoscanner», цифрових осцилографів або інших вимірювальних засобів, що мають можливість реєстрації та зберігання отриманих даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Handbook of Diesel Engines: Springer Series / Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke – Springer International Publishing – 2010. – 636 p.
2. Modern Marine Internal Combustion Engines: Springer Series on Naval Architecture, Marine Engineering, Shipbuilding and Shipping/ I. Belousov, M. Bulgakov, V. Savchuk – volume 8 – Springer International Publishing – 2020. – 385 p.
3. Двигатели Д-246.1, Д-246.2, Д-246.3, Д-246.4: Руководство по эксплуатации 246-0000100 РЭ. – Минск. – 2010 – 104 с.
4. Джексон Р.Г. Новейшие датчики/ Р.Г. Джексон. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2008. – 397 с.
5. Стенд СДТА-1 с комплектом приборов, приспособлений и инструмента: Инструкция по эксплуатации. – М.: В/О «Тракторoэкспорт», 1982.

СЕКЦІЯ:

КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Андреєв І.М., Сірий Ю.І., Ільницький І.Л.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (Україна)

Вступ. Динамічні випробування мобільних машин, і автомобілів в тому числі, на сьогоднішній день є одним із найбільш розповсюджених і достовірних способів оцінки якості продукції як при сертифікації, так і в експлуатації. Але при їх проведенні спеціалісти стикаються з рядом труднощів, обумовлених недосконалістю існуючих методів проведення указаних процесів. А саме, необхідно точно знати лінійну і кутову швидкості, лінійне і кутове прискорення, гальмівний шлях, час розгону, величину вибігу та ін.

Адекватне визначення цих параметрів дозволяє уточнити рівняння тягової динаміки автомобіля, витрату палива і потужності на його рух. В умовах експлуатації ці параметри визначаються методами однократного і двократного вибігу. Недоліком цих методів є те, що подовжнє прискорення автомобіля вимірюється непрямими методами, що призводить до значних похибок.

Разом з тим, з кожним роком у світі суттєво збільшується виробництво автотранспортних засобів (АТЗ), їх технологічний рівень і підвищуються вимоги до систем безпеки. Тому для забезпечення необхідного рівня безпеки при використанні автомобіля необхідно розширювати контроль різних механізмів, які беруть участь в роботі автомобіля, перейти на якісно більш високий рівень випробувань і впроваджувати нові пристрої контролю з більш високими функціональними можливостями. Також підвищення вимог стандартів по забезпеченню безпеки дорожнього руху є однією із причин необхідності застосування нових, більш сучасних методів і засобів діагностики і контролю під час випробувань АТЗ.

Актуальність досліджень. Найбільш досконалим методом діагностики стану АТЗ є шляхові випробування. Тому підвищенню їх ефективності шляхом підвищення точності метрологічного забезпечення приділяється особа увага. Контактні засоби випробувань за допомогою засобів типу «п'яте колесо», що використовуються при випробуванні зразків АТЗ, в наш час морально застаріли і мають низьку точність у зв'язку з проковзуванням при русі по спеціальним типам доріг на випробувальних полігонах. Тому розробка безконтактних методів і засобів оцінки параметрів руху АТЗ при їх переміщенні по різним типам доріг є актуальною науково-технічною задачею.

Постановка задачі. Серед безконтактних вимірювачів параметрів руху відомі оптичні (лазерні), ультразвукові і радіолокаційні вимірювачі. Серед них лише останні забезпечують всепогодність і цілодобовість вимірювань в любу пору року. В статті розглянуті особливості побудови неконтактних радіолокаційних вимірювачів параметрів руху для метрологічного забезпечення випробувань АТЗ. В зв'язку з вищесказаним, виникає проблема розробки і застосування при проведенні кваліметричних випробувань автомобілів радіолокаційних вимірювально-реєстраційних комплексів, які дозволять без втручання в конструкцію автомобіля здійснювати визначення його динамічних і кінематичних параметрів.

Результати досліджень. Для офіційного затвердження будь-якого АТЗ ефективність його основних характеристик повинна визначатися в ході дорожніх випробувань. На таких випробуваннях оцінюються швидкісні, гальмівні характеристики АТЗ і його паливна економічність Об'єм і вимоги до проведення дорожніх випробувань встановлюються відповідними нормативними документами.

При проведенні швидкісних випробувань оцінці піддаються такі показники і характеристики швидкісних властивостей АТЗ як: максимальна швидкість; час розгону на заданому шляху; час розгону до заданої швидкості; швидкісна характеристика «Розгін-вибіг»; швидкісна характеристика «Розгін на передачі, що забезпечує максимальну швидкість» [1].

Ефективність гальмівних систем оцінюється по довжині гальмівного шляху і/або визначається за допомогою вимірювання середнього значення граничного уповільнення, які визначаються в ході гальмівних випробувань АТЗ [2].

Для оцінки паливної економічності АТЗ в процесі проведення випробувань оцінці піддаються такі показники і характеристики як [3]:

– контрольна витрата палива;

– витрата палива в магістральному циклі на дорозі;

– витрата палива в міському циклі на дорозі;

– витрата палива в міському циклі на стенді;

– паливна характеристика сталого руху;

– паливно-швидкісна характеристика на магістрально-горбистій дорозі.

Засоби вимірювань, що створюються, для забезпечення дорожніх випробувань ДТЗ повинні:

– бути компактними, простими у встановленні і використанні;

– забезпечувати необхідну пропускну спроможність палива і необхідну точність вимірювань при температурі повітря від мінус 40ºС до + 40ºС;

– забезпечувати вібростійкість при всіх режимах руху АТЗ, включаючи максимальну швидкість і екстрені режими гальмування; їх установка не повинна чинити опір руху АТЗ.

– забезпечувати точність вимірювань, при якій відносні похибки не повинні перевищувати значень, що наведені в табл. 1 [1, 2].

Таблиця 1 – Похибки вимірювань параметрів руху АТЗ

№ п/п	Показник	Похибка, не більше, %
1	Витрата палива	1,0
2	Час руху	0,05
3	Пройдений шлях	0,5
4	Швидкість руху	0,5
5	Сповільнення	0,5

Вказані вимоги враховувались при створенні автоматизованого контрольно-випробувального комплексу (АКВК) ТОВ «НВП «Ефір-С» за участю фахівців Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

АКВК призначений для проведення дорожніх випробувань по оцінці гальмівних, швидкісних, паливо–економічних та експлуатаційних характеристик ДТЗ, насамперед повнопривідних, при русі по ґрунтових і піщаних дорогах та бездоріжжю [4]. Проведення таких випробувань на базі традиційного для автомобілебудування «п’ятого колеса» не забезпечує достатньої точності фіксації фактичної швидкості руху та пройденого шляху [5]. Кардинальним для випробувань, в т.ч. і на бездоріжжі, рішенням є використання в АКВК безконтактного вимірювання фактичної швидкості, прискорення руху і пройденого шляху за допомогою допплерівського радіолокаційного датчика з двома приймально – передаючими антенами, діаграми спрямованості яких розташовані під кутом 90° і направлені вперед – назад під кутом 45º відносно полотна дороги [6].

Функціонально АКВК складається з чотирьох основних складових частин:

– приймально-передавальних модулів (ППМ), що встановлюються на лівому і правому бортах НРО з трьома антенами кожний;

– блоку обробки сигналу (БОС);

– портативного комп’ютера (ПК);

– блоку джерел вторинного електроживлення (БЖ).

Структурна схема АКВК наведена на рис. 1

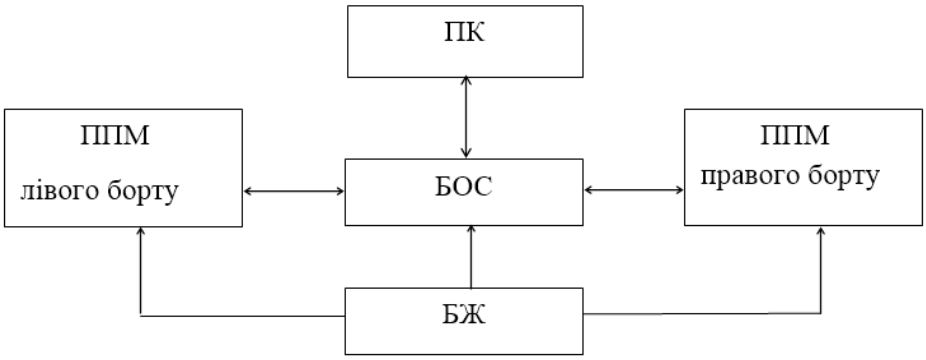


Рисунок 1 – Структурна схема АКВК

Розміщення складових частин АКВК під час випробувань АТЗ наведено на рис. 2.

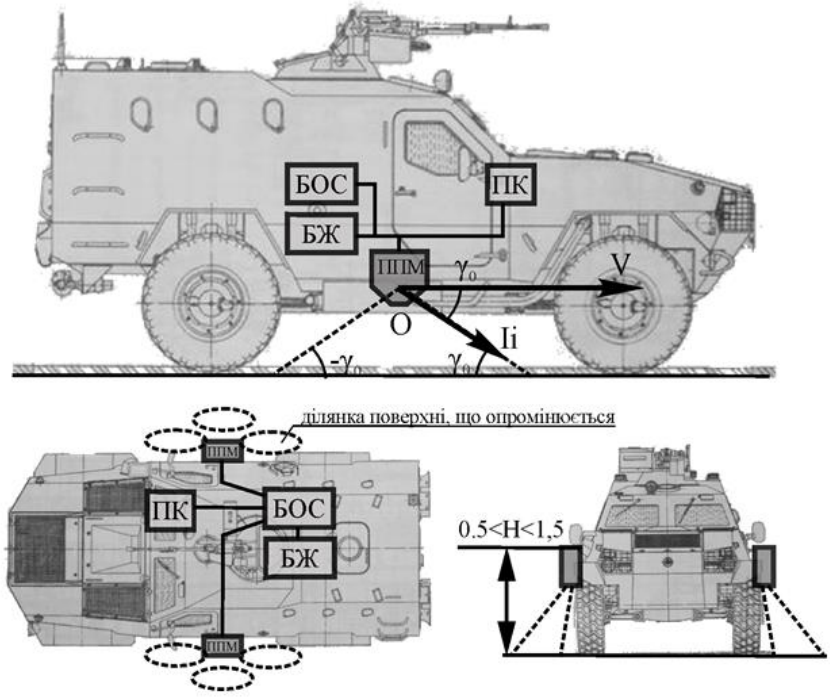


Рисунок 2 – Розміщення складових частин АКВК на АТЗ

АКВК виконує свої функції в умовах ударних навантажень, вібрацій і широкого діапазону температур і може бути використаний для проведення шляхових випробувань, колісних і гусеничних транспортних засобів, а також для вирішення інших прикладних задач, що вимагають високоточного вимірювання параметрів руху в умовах руху як по автодорожніх шляхах з твердим покриттям, так і по бездоріжжю. Для забезпечення роботи комплексу за призначенням його основні складові частини виконують наступні функції.

ППМ здійснює формування і випромінювання зондуючого сигналу, прийом відбитого від полотна дороги сигналу з допплерівським зміщенням частоти, виділення і підсилення сигналу допплерівської частоти.

Блок вимірювань здійснює попередню обробку допплерівських сигналів, що поступають з ППМ і їх фільтрацію. Особливістю його побудови є використання цифрових методів обробки і фільтрації імпульсних сигналів, що дозволяє уніфікувати обробку сигналів, які поступають від різнотипних датчиків.

БЖ забезпечує формування всіх необхідних напруг живлення ППМ, БВ і ПК від бортової мережі об'єкту встановлення з напругою як 12 так і 24 В.

Програмне забезпечення ПК здійснює початкову установку і функціональний контроль АКВК, керує режимами його роботи, забезпечує накопичення і обробку даних, відображення вихідної інформації як в табличному, так і в графічному виді [4].

Розроблений АКВК пройшов державну метрологічну атестацію і має похибки вимірювань, що не перевищують вимог таблиці 1. Крім того, одночасна обробка даних в БОС, що надходять з ППМ, які встановлені на різних бортах АТЗ, дозволяє з достатньою точністю визначати кутову швидкість зміни положення повздовжньої осі АТЗ.

Висновки. Розроблений радіолокаційний автоматизований контрольно-випробувальний комплекс цілком задовольняє вимогам, що висуваються до засобів метрологічного забезпечення випробувань АТЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. ГОСТ 22576-90 (СТ СЭВ 68-93-89).

2. Правила № 13. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения.

3. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. ГОСТ 20306-90.

4. Л.В. Крайник, Ю.І Бударецький, Я.Ф. Митник, М.Г. Грубель, Автоматизований контрольно-випробувальний комплекс для досліджень характеристик ДТЗ на різних типах доріг.

5. Бударецький Ю.І. Особливості реалізації радіолокаційного вимірювача параметрів руху для автоматизованих систем місцевизначення наземних рухомих об'єктів / Ю.І. Бударецький. // Харьків: ХНУПС. – 2015. – №7. – С. 20-24.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ СКРИТНОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИМІРЮВАЧА ПАРАМЕТРІВ РУХУ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Бахмат М.В., Бударецький Ю.І., Корольов В.М.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (Україна)

Вступ. Для оперативного і якісного виконання вогневого завдання артилерійськими підрозділами необхідно мати достовірну навігаційну інформацію (НІ) та координати вогневої позиції (ВП) і спостережних пунктів (СП). Традиційно координати отримуються в ході проведення топогеодезичної прив'язки (ТГП), але з підвищенням точності визначення параметрів руху наземних об'єктів підвищиться точність навігаційної інформації. Наявність НІ високої точності дозволить артилерійським підрозділам пропускати етап ТГП, а саме виконувати вогневі завдання з моменту прибуття артилерійської системи на ВП [1]. Тому все більше застосування в озброєнні й військовій техніці знаходять засоби отримання надійної і точної НІ. При цьому якість НІ залежить від надійності і точності засобів навігації.

Необхідна якість НІ забезпечується комплексуванням навігаційних систем. При цьому гарантується безперервність та ненакопичення систематичної похибки. Безперервність НІ забезпечується застосуванням автономної навігаційної системи (АНС), як складової комплексної навігаційної системи (КНС), а ненакопичення систематичної похибки використанням супутникової радіонавігаційної системи (СРНС), як другої складової КНС.

Таким чином АНС стає одною з основних складових частин КНС, точність якої забезпечується точністю її складових частин, зокрема радіолокаційним вимірювачем параметрів руху (РВПР).

Запропонована в [2] методика визначення місцеположення наземного рухомого об'єкту (НРО) за допомогою РВПР показує можливість забезпечити отримання навігаційної інформації при зникненні або спотворенні сигналів СРНС.

Актуальність досліджень. РВПР, як і будь-яка інша радіоапаратура, що випромінює сигнал, може бути виявлена засобами радіоелектронної розвідки (РЕР), що входять до складу засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) та подавлена створенням штучних завад. Розробники РВПР шукають баланс між потужністю випромінювання антен і їх скритністю від засобів РЕБ.

Враховуючі зазначене, обґрунтування технічних шляхів забезпечення скритності роботи РВПР в умовах РЕБ є актуальною науково-технічною задачею.

Постановка задачі. Завадозахищеністю навігаційних комплексів та систем займаються вчені МОУ і фахівці підприємств військово-промислового комплексу (ВПК) України. Однак до теперішнього часу не проводилася оцінка скритності автономних навігаційних систем (АНС), а саме їх елементів, що випромінюють та приймають електромагнітні хвилі. Мета статті – розробка методики оцінки скритності РВПР НРО в умовах застосування діючих та перспективних зразків засобів РЕБ.

Результати досліджень. Відомо, що скритність РВПР визначається його здатністю протистояти засобам РЕБ противника, а саме, дальністю виявлення його роботи засобами РЕБ. На цю дальність впливають різні фактори, які залежать від технічних характеристик засобів РЕБ (коефіцієнт підсилення приймальної антени цих засобів, чутливість їх приймача і ін.) та умов експлуатації (умови поширення радіохвиль вибраного діапазону, характер траси їх поширення, час року та погодні умови, взаємне розташування засобів РЕБ і РВПР).

Одним з чинників скритності РВПР є згасання радіохвиль в атмосфері, яке, в свою чергу, зумовлено поглинанням їх енергії, здебільше, молекулами кисню і водяної пари, що входять у склад атмосфери, а також зваженими частинками - порошинами і краплями води. Крім того, відбувається розсіювання радіохвиль рідкими і твердими частинками, які викликають ефект, аналогічний поглинанню енергії [3]. Зменшення щільності потоку потужності хвилі з відстанню внаслідок поглинання визначається за допомогою усередненої емпіричної залежності, графік якої наведено на (рис. 1) [4], де по горизонтальній осі відкладено λ - довжину хвилі, а по вертикальній α - коефіцієнт згасання.

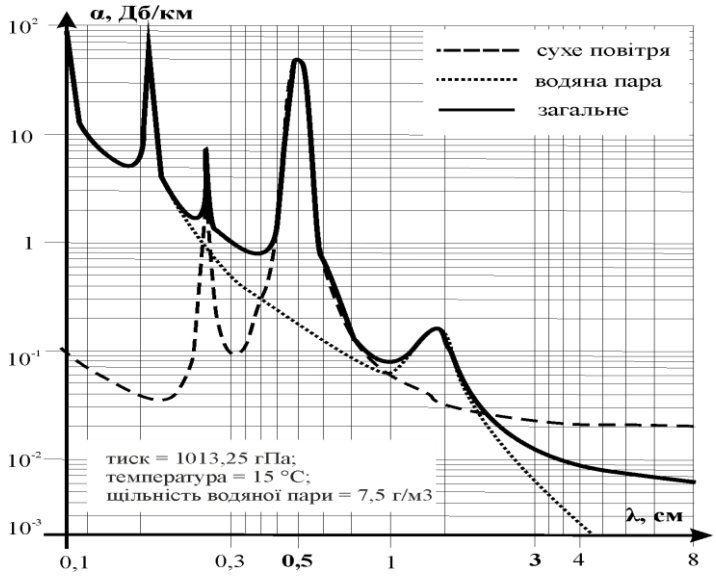


Рисунок 1 – Залежність згасання енергії радіохвиль від довжини хвилі в атмосфері

З рис. 1 видно, що для найбільшої скритності роботи перспективного РВПР, що розробляється, доцільно вибирати такий діапазон частот його роботи, в якому α має найбільше значення (λ = 0,5 см).

Крім згасання радіохвиль скритність РВПР, яка працює, залежить від характеристик самої станції РЕБ, яка проводить радіоелектронну розвідку, а саме, від чутливості приймача $P_{пр\ min}$ та коефіцієнту підсилення антени $G_{пр}$.

Чутливість приймача станції РЕБ визначається виразом [5]:

$$P_{пр_{min}} = k \cdot T_0 \cdot k_ш \cdot q^2 \cdot \Delta f_e, \qquad (1)$$

де: k – стала Больцмана;

T_0 – абсолютна температура;

$k_ш$ – коефіцієнт шуму приймача, який залежить від характеристик його елементної бази;

q^2 – коефіцієнт розрізнювальності, який характеризується співвідношенням сигнал/завада і визначає ймовірності характеристики станції;

Δf_e – ефективна смуга приймача.

Величина коефіцієнту підсилення антени G пов'язана з шириною її діаграми спрямованості Θ і визначається виразом:

$$G = \frac{35000}{\Theta_\alpha \cdot \Theta_\beta}, \qquad (2)$$

де $\Theta\alpha$ - ширина діаграми спрямованості антени в горизонтальній площині, град.;

$\Theta\beta$ - ширина діаграми спрямованості антени в вертикальній площині, град.

Рахуємо, що РВПР стає спостережним противнику при умові, коли потужність його сигналу на вході приймача засобів РЕБ більше, або дорівнює $P_{с\ рвпр}$ - порогової чутливості цього приймача:

$$P_{c_{рвпр}} \geq P_{пр_{min}}. \quad (3)$$

Потужність сигналу РВПР на вході приймача станції РЕБ противника визначається за виразом:

$$P_{c_{рвпр}} = \frac{P_{рвпр} \cdot G_{бл.рвпр} \cdot G_{пр} \cdot \lambda^2_{рвпр}}{(4\pi)^2 \cdot D^2 \cdot Lрвпр} \cdot k_{погл}, \quad (4)$$

де: D – відстань від станції РЕБ до РВПР;
$P_{рвпр}$ – потужність сигналу, що випромінюється РВПР;
$G_{бл.рвпр}$ – коефіцієнт підсилення бокових пелюстків антени РВПР в напрямку противника (для рупорних антен рівень бокових пелюстків $G_{бл} \leq 1/20\ G$);
$G_{пр}$ – коефіцієнт підсилення антени приймача засобів радіотехнічної розвідки противника;
$\lambda_{рвпр}$ – довжини хвилі РВПР;
$L_{пз}$ – втрати в трактах станції постановки завад;
$k_{погл}$ – коефіцієнт поглинання.

Коефіцієнт поглинання, у свою чергу, враховує поглинання енергії радіохвилі при однаковому α коефіцієнті згасання на D дистанції від станції РЕБ до РВПР і визначається [4]

$$k_{погл} = 10^{-0,1 \cdot \alpha \cdot D}, \quad (5)$$

де α – коефіцієнт згасання, який визначається за допомогою емпіричної залежності, графік якої наведено на (рис. 1).

Підсумовуючи вище наведене, методику оцінки скритності РВПР НРО доцільно викласти у вигляді блок-схеми (рис. 2).

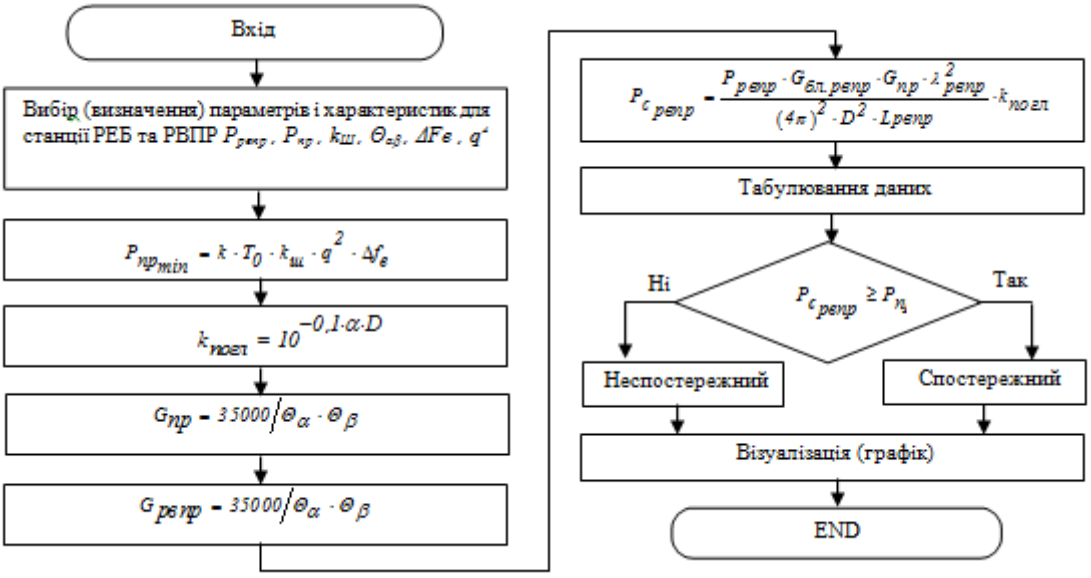


Рисунок 2 – Блок-схема оцінки скритності радіолокаційного вимірювача параметрів руху наземних рухомих об’єктів

Використовуючи запропоновану методику оцінки скритності РВПР НРО (рис. 2) та типові значення характеристик станцій РЕБ, визначимо залежність потужності сигналу передавача на вході приймача станції РЕБ з врахуванням поглинання радіохвиль в атмосфері для перспективного РВПР [5] та допплерівського давача швидкості (ДДШ) з комплекту апаратури КП-4, що знаходиться на озброєнні в підрозділах РВіА.

Результати розрахунків наведені на рис. 3.

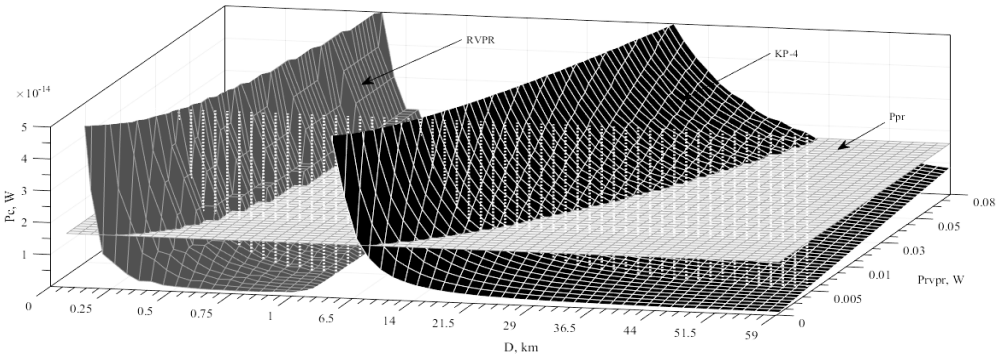


Рисунок 3 – Потужності сигналів від перспективного РВПР та ДДШ апаратури КП-4 на входах приймача станції РЕБ

Висновки. Розроблено методику, що дозволяє оцінити скритність РВПР НРО від засобів РЕБ, залежно від:

– відстані між РВПР і РЕБ;

– потужності випромінювання РВПР;

– порогової чутливості приймача станції РЕБ.

Показано, що для підрозділів РВіА, що діють на невеликій відстані від переднього краю (мінометні підрозділи та підрозділи артилерійської розвідки) робота ДДШ апаратури КП-4, що стоїть на озброєнні ЗСУ виявляється існуючими засобами РЕБ противника в штатних умовах їх застосування.

Методика, яка запропонована, може бути використана розробниками військової техніки з метою створення програмного забезпечення для оцінки скритності приладів, що випромінюють та приймають електромагнітні хвилі.

Визначено, що реалізація роботи перспективного РВПР в 5-ти мм діапазоні хвиль забезпечує скритність в умовах застосування діючих і перспективних зразків засобів РЕБ противника.

В подальшому передбачається оцінити другу складову завадозахищеності РВПР - його завадостійкість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корольов В.М. До питання комплексування автономної системи навігації із супутниковою радіонавігаційною системою в інтересах навігації наземного рухомого об’єкта / В.М. Корольов. // Київ: Вісник геодезії і картографії. – 2005. – № 1. – С. 8-13.

2. Бахмат М.В. Методика визначення місцеположення наземних рухомих об’єктів за допомогою радіолокаційного вимірювача параметрів руху / М.В. Бахмат, Ю.І. Бударецький // Львів: НАСВ. – 2020. – № 23т. – С. 9-15.

3. Сайбель А.Г. Основи радіолокації / А.Г. Сайбель. – Москва: Советское радио, 1961. – 384 с.

4. Затухание в атмосферных газах. Рек. МСЭ-R P.676-11 – Женева, 2018. – 24 с. – (ITU).

5. Бударецький Ю.І. Особливості реалізації радіолокаційного вимірювача параметрів руху для автоматизованих систем місцевизначення наземних рухомих об’єктів / Ю.І. Бударецький. // Харків: ХНУПС. – 2015. – № 7. – С. 20-24.

АНАЛІЗ ЗІТКНЕННЯ СУДНА ПОСТАЧАННЯ SJOBORG З ПЛАТФОРМОЮ STATFJORD A З ПОЗИЦІЙ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА БЕЗПЕКУ ДП ОПЕРАЦІЇ

Богаченко Є.А., Піпченко О.Д.
ІПО ЦПАП НУ «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. Для підтримання нафтовидобувної платформи у робочому стані необхідне постійне постачання води, палива, провізії та палубних вантажів. Вантажні перевезення між портом і платформою в нафтовидобувній індустрії забезпечуються суднами постачання (Offshore Supply Vessel, OSV). Судна постачання підходять до платформ та утримують позицію на малих дистанціях за допомогою системи динамічного позиціонування (dynamic positioning system).

Актуальність досліджень. Дані операції відносяться до задач, які характеризуються підвищеними ризиками, так як інциденти, пов'язані з втратою судном позиції, можуть призвести до пошкодження судна та платформи, пожежі, значного забруднення навколишнього середовища або численних жертв.

Так, наприклад, у 2005 році зіткнення судна постачання з платформою Mumbai High North призвело до пожежі та загибелі 22 людей. Збитки, нанесені пожежею, були оцінені у 200 млн доларів США.

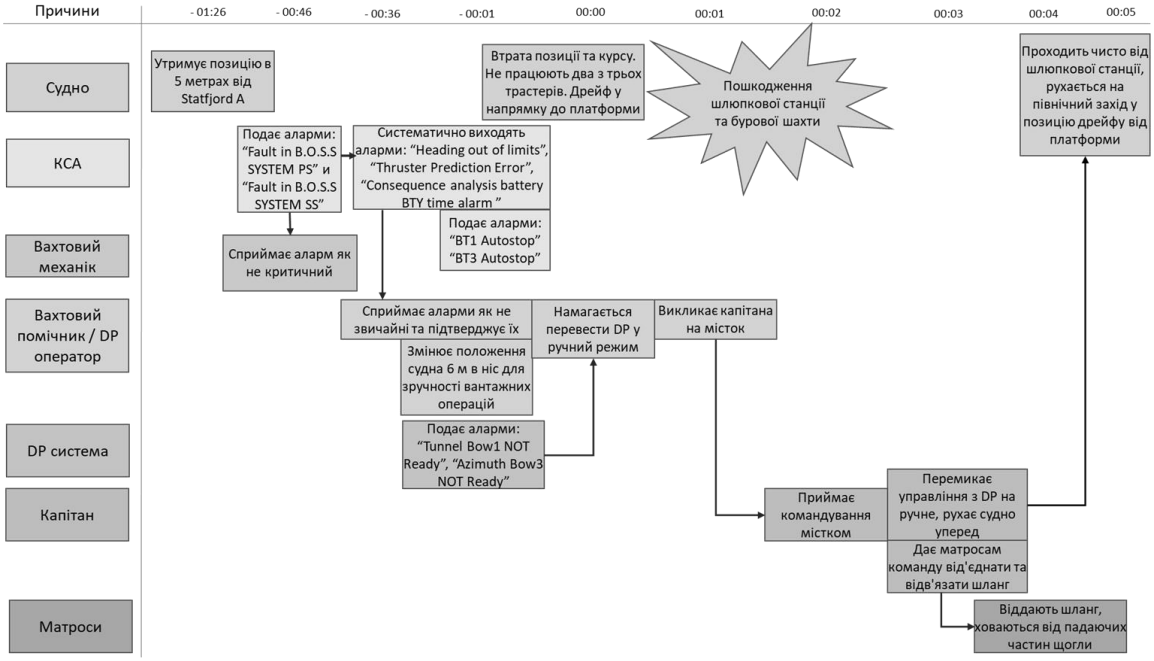


Рисунок 1 – Аналіз зіткнення судна постачання Sjoborg з платформою Statfjord A методом STEP

Іншою показовою аварією є зіткнення між судном постачання Sjoborg та нафтовидобувною платформою Statfjord A, яке сталося під час вантажних операцій 7 червня 2019 року [1]. Технічна несправність на судні призвела до активації режиму зниження навантаги, в результаті чого потужність всіх його підрулюючих пристроїв знизилася до 10-15%. Приблизно о 01:50 потужність була втрачена на двох з трьох носових підрулюючих пристроях. У результаті судно зійшло з позиції та зіткнулося з платформою, отримавши серйозні пошкодження щогли та обладнання над містком та ум'ятину з правого

борту на кормі. Своєю щоглою судно пошкодило шлюпкову станцію платформи та уперлося кормою у бурову шахту.

Постановка задачі. Отже, метою даної роботи є розробка рекомендацій щодо дій екіпажу як на ранній стадії прояву несправностей, так і під час сформованої аварійної ситуації, шляхом ієрархічного аналізу задач (Hierarchical Task Analysis, HTA) на основі покрокового аналізу аварії STEP методом, який засновується на побудові часової послідовності подій (sequential timed events plotting).

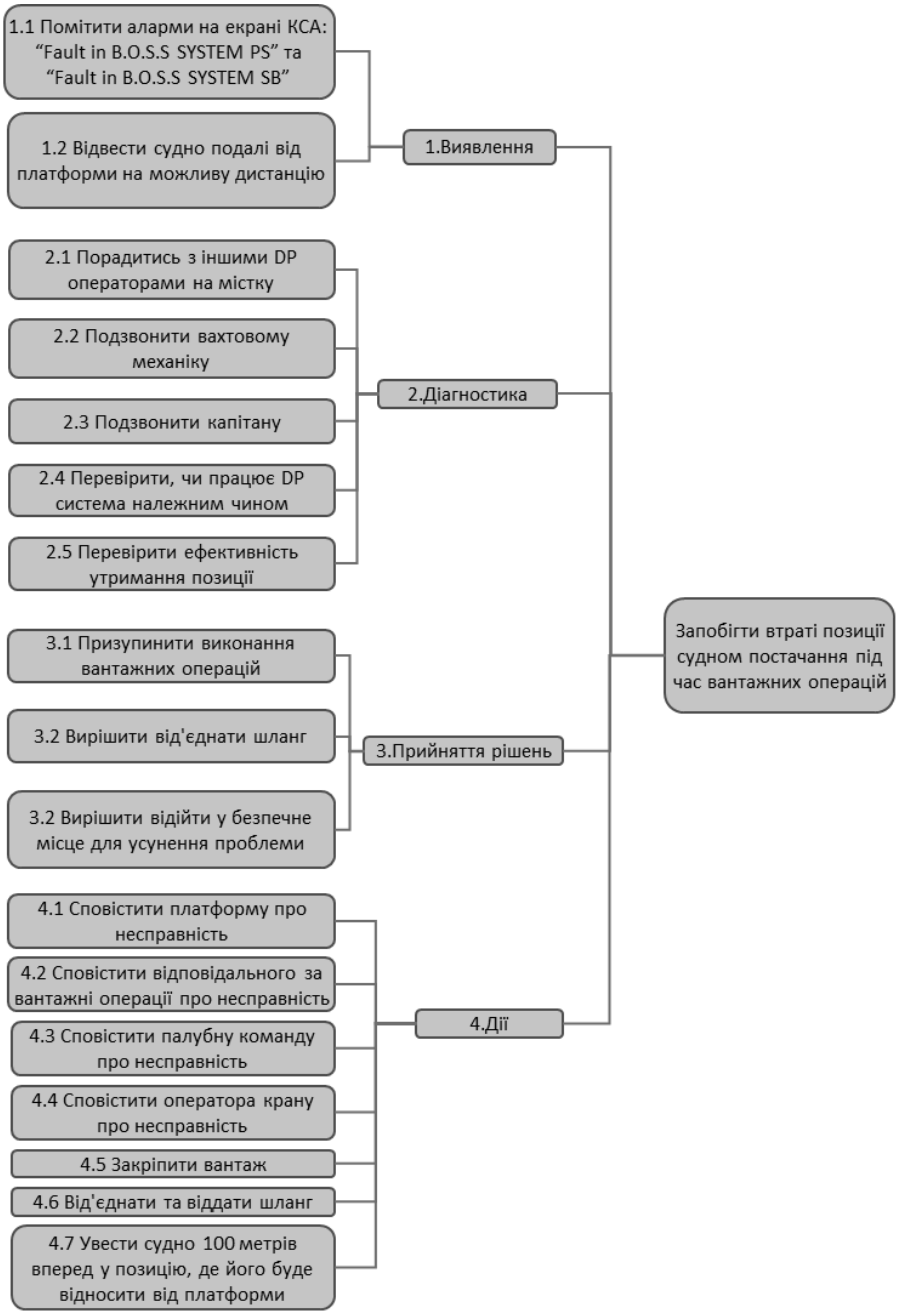


Рисунок 2 – Ієрархічний аналіз задач сценарію раннього виявлення несправностей у інциденті з судном Sjoborg

Результати досліджень. Метод STEP (sequential timed events plotting) використовується для часового аналізу інциденту [2]. На діаграмі (рис. 1) представлена часова шкала подій, де кожен рядок представляє окремі причини, які грають роль у послідовності події. Причинами можуть бути людські дії або обладнання. Стовпці зображують собою часову шкалу. Шкала часу не обов'язково має бути лінійною. Основна ідея часової шкали − зобразити порядок подій і те, як вони розвивалися у часі.

З метою виявлення можливості уникнення зіткнення був проведений аналіз дій відповідно до часу розвитку подій. Шляхом ієрархічного аналізу задач [3] було проаналізовано два можливі сценарії: DP оператор виявляє перші сигнали тривоги та вирішує зупинити вантажні операції, та DP оператор помічає втрату позиції судном і намагається відвести судно від зіткнення. Ієрархічний аналіз задач засновується на когнітивній моделі виявлення, діагностики, прийняття рішень і дій.

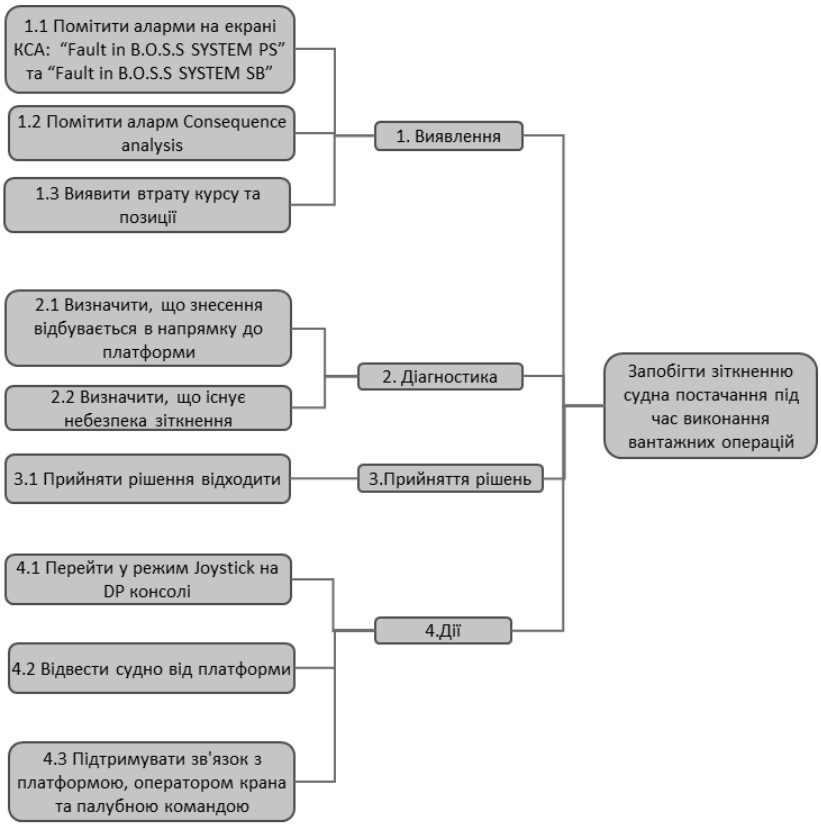


Рисунок 3 – Ієрархічний аналіз задач сценарію виявлення втрати позиції судна в інциденті з судном Sjoborg

Висновки. Проаналізувавши дії DP оператора і запропонувавши два можливі сценарії на підставі ієрархічного аналізу задач, можна зробити висновки, що ситуації зіткнення судна постачання і нафтовидобувної платформи можна було уникнути завдяки правильним діям DP оператора як на ранніх етапах, так і при обмежених можливостях судна в результаті виниклої поломки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Petroleum Safety Authority. Investigation of collision between Sjoborg supply ship and Statfjord A on 7 June 2019. Stavanger: Petroleum Safety Authority; 2019.

2. Hendrick K, Benner L. Investigating accidents with STEP. New York: Marcel Dekker; 1987.

3. Stanton N, Salmon P, Walker G, Baber C, Jenkins D. Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design. Farnham: Ashgate; 2005.

4. IMO MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2 Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in IMO Rule-Making Process, 2018.

5. Піпченко О.Д. (2020) Моніторинг та ідентифікація помилок під час навчання на навігаційних симуляторах. Суднобудування №2 2020, НУК, DOI https://doi.org/10.15589/znp2020.2(480). 1, 3 – 11.

ЛІНЕАРИЗАЦІЯ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПЛАВУЧОГО ОБ'ЄКТУ

Бутаков І.Б., Рожков С.О., Тимофеєв К.В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Спеціалізовані морські операції, що виконуються офшорними суднами і стабілізованими платформами (плавучі об’єкти), вимагають розвитку теоретичних і прикладних методів рішення задач побудови оптимальних алгоритмів управління, динамічних моделей систем, формування оптимальних і інваріантних систем управління. При цьому необхідно враховувати обмеження потужності енергосистеми плавучого об'єкту. Ці обставини визначили напрям досліджень динамічного позиціонування плавучого об'єкту.

Актуальність досліджень. Процес управління спеціалізованим судном з метою стабілізації його координат із заданою точністю дозволяє підвищити якість виконуваних операцій в системах динамічного позиціонування. Стабілізація координат здійснюється за рахунок функціонування пропульсивних комплексів судна. Але, точність позиціонування, яка забезпечується, не завжди задовольняє вимогам експлуатації плавучого об'єкту. Таким чином, актуальним завданням є розробка точних моделей динаміки плавучого об'єкту (судна) з урахуванням збурень до яких відносять хвильові, вітрові збурення, а, також, удосконалення алгоритмів управління електроенергетичними та пропульсивними комплексами судна.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є розробка лінеаризованої математичної моделі судна як динамічної системи в задачі динамічного позиціонування. Для визначення нового методу побудови системи управління динамічним позиціонуванням, оцінки системної стійкості і робастності пропонованих алгоритмів управління необхідно визначити конструктивні обмеження і умови керованості плавучого об'єкта.

Основна частина. Сучасні методи побудови оптимального управління динамічними системами ґрунтуються на математичних моделях об'єктів управління. Відмінність моделі офшорного судна від моделі динаміки судна в загальному випадку полягає в точності лінеаризованої моделі. Це пов'язано з тим, що всі зусилля направлені на збереження умови малого відхилення об'єкту від початкової точки [1], рисунок 1.

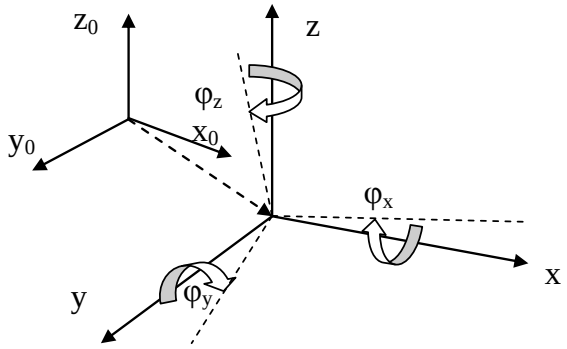


Рисунок 1 – Система координат моделі

У околиці точки з координатами (x_0, y_0, z_0) проводиться розкладання при лінеаризації і задача мінімізації відхилення $|\Delta \mathbf{x}| \to 0$ співпадає із задачею позиціонування плавучого об’єкта. При цьому вектор стану $\mathbf{x}$ визначений в околиці $\mathbf{x}_0$.

Для опису вільного руху об'єкту скористаємося лінійною системою диференціальних рівнянь:

$$I\frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2}+A_1\frac{d\mathbf{x}}{dt}+A_0\mathbf{x}=\mathbf{0} \qquad (1)$$

де I – одинична матриця, матриці A_1 і A_0 мають розмірність простору стану **x**.

Припустивши лінійність по управлінню і збуренню моделі (1) можемо записати:

$$I\frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2}+A_1\frac{d\mathbf{x}}{dt}+A_0\mathbf{x}=B\mathbf{u}+Q\mathbf{g}\,, \qquad (2)$$

де B – матриця управління; Q – матриця збурень. Матриці B і Q мають розмірність простору стану **x**, тобто 6x6.

В цьому випадку для моделі (2) отримуємо рекурентне співвідношення для моделювання системи з лінійною правою частиною:

$$\begin{aligned}&\mathbf{x}_{n+1}=\mathbf{x}_n+\Delta t^2B\mathbf{u}_n+\Delta t^2Q\mathbf{g}_n+S_1\mathbf{x}_n-S_0\mathbf{x}_{n-1};\\&\mathbf{y}_n=C\mathbf{x}_n\,.\end{aligned} \qquad (3)$$

При використанні чисельного алгоритму моделювання в середовищі MATLAB модель має простий загальний вигляд, який не залежить від порядку системи. Для випадку вільного руху моделі повної розмірності отримуємо перехідні процеси (рисунок 2) [2, 3].

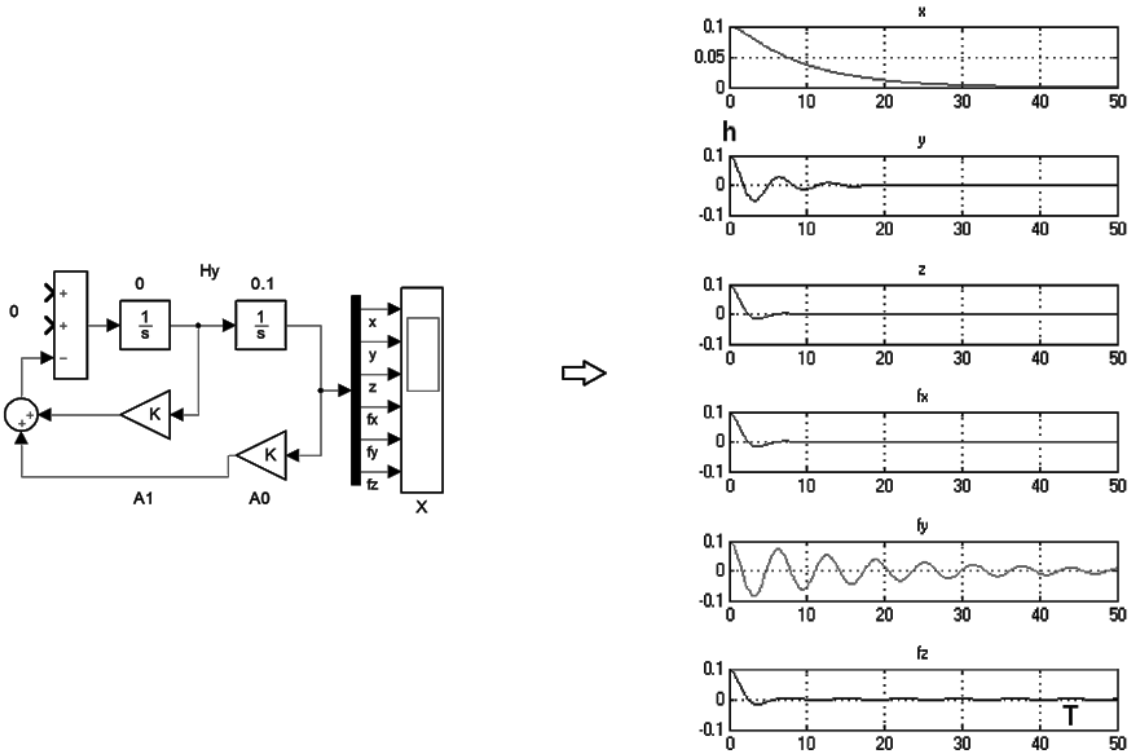


Рисунок 2 – Реалізація моделі плавучого об'єкта

Завдяки інертності плавучого об'єкта вільний рух не містить шумів, і отримати алгоритм ідентифікації моделі динаміки досить просто. У процесі плавання змінюється завантаження плавучого об'єкта, стан корпусу, характеристики навколишнього середовища. Отже, необхідна періодична ідентифікація моделі плавучого об'єкта. Для отримання можливості ідентифікації моделі досить визначити перехідні процеси вільного руху. Проведені 6x2 вимірювання вектора стану **x**, вектора швидкості $\mathbf{v}=d\mathbf{x}/dt$ і вектора прискорення $\mathbf{a}=d^2\mathbf{x}/dt^2$ дозволяють отримати три матриці X, V, A:

$$X^i=\begin{pmatrix}\mathbf{x}^i{}_1\\ \vdots\\ \mathbf{x}^i{}_n\end{pmatrix};\qquad V^i=\begin{pmatrix}\dot{\mathbf{x}}^i{}_1\\ \vdots\\ \dot{\mathbf{x}}^i{}_n\end{pmatrix};\qquad A^i=\begin{pmatrix}\ddot{\mathbf{x}}^i{}_1\\ \vdots\\ \ddot{\mathbf{x}}^i{}_n\end{pmatrix};\qquad 0=\begin{pmatrix}0&\cdots&0\\ \vdots&\vdots&\vdots\\ 0&\cdots&0\end{pmatrix};\quad i=1{,}2\,. \qquad (4)$$

Отже, можемо записати систему матричних рівнянь:

$$\left.\begin{aligned} A^{1T} + A_1 V^{1T} + A_0 X^{1T} = 0 \\ A^{2T} + A_1 V^{2T} + A_0 X^{2T} = 0 \end{aligned}\right\}. \tag{5}$$

Таким чином, модель судна (2) ідентифікується відносно легко, але при визначенні векторів керування **u** і збурення **g** виникають складності. У загальному випадку права частина рівняння моделі лінеаризуєма щодо нормальних умов. Розмірність вектора управління **u** визначається всіма способами управління конкретного плавучого об'єкта. Компоненти вектора збурень **g** так само потребують подальшого визначення для конкретного об'єкта і умов плавання.

Однак впливи об'єднує їх реалізація, отже, вони можуть бути представлені степеневими рядами:

$$I\frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2} + A_1\frac{d\mathbf{x}}{dt} + A_0\mathbf{x} = \mathbf{f}_u(\mathbf{x},\mathbf{u},t) + \mathbf{f}_g(\mathbf{x},\mathbf{u},t). \tag{6}$$

У точці нормальних умов $\mathbf{x}_0$, $\mathbf{u}_0$, $\mathbf{g}_0$ можна записати лінійне наближення для функцій управління і обурення:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{f}_u &= \mathbf{f}_u(\mathbf{x}_0,\mathbf{u}_0,\mathbf{g}_0) + \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{x}}\Big|_{\substack{u_0\\g_0}} \Delta\mathbf{x} + \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{u}}\Big|_{\substack{x_0\\g_0}} \Delta\mathbf{u} + \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{g}}\Big|_{\substack{u_0\\x_0}} \Delta\mathbf{g} + \ldots + R_u \\ \mathbf{f}_g &= \mathbf{f}_g(\mathbf{x}_0,\mathbf{u}_0,\mathbf{g}_0) + \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{x}}\Big|_{\substack{u_0\\g_0}} \Delta\mathbf{x} + \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{u}}\Big|_{\substack{g_0\\x_0}} \Delta\mathbf{u} + \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{g}}\Big|_{\substack{u_0\\x_0}} \Delta\mathbf{g} + \ldots + R_g \end{aligned}\right\}. \tag{7}$$

Для спрощення переходимо до координат прирощень, позначивши похідні векторів правої частини по векторах стану як матриці:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{u} = \Delta\mathbf{u}; \qquad B = \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{u}}\Big|_{\substack{x_0\\g_0 u}} \\ \mathbf{g} = \Delta\mathbf{g}; \qquad Q = \frac{\partial \mathbf{f}_u}{\partial \mathbf{g}}\Big|_{\substack{u_0\\x_0}} \end{aligned}\right\} \to I\frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2} + A_1\frac{d\mathbf{x}}{dt} + A_o\mathbf{x} = B\mathbf{u} + Q\mathbf{g}. \tag{8}$$

Модель (8) може бути представлена алгоритмом (3), але застосовується тільки за умови малості відхилення від нормальних умов. Це, на жаль, не застосовується до задачі динамічного позиціонування, де відхилення вектора станів малі, а вектора збурень і управлінь значно відхиляються від нормальних значень.

Таким чином, необхідна побудова регресійних моделей правої частини моделі (8). Але, побудова повної моделі з урахуванням регресійних моделей правої частини досить складна. Як наслідок виникають приватні моделі головних управлінь і збурень.

Особливість завдання динамічного позиціонування полягає в простоті умов досягнення мети - система повинна знаходитися в спокої [4].

Привівши вектори до центру мас і, з огляду на вимогу рівності моментів за умови нульових початкових швидкостей, отримаємо:

$$\left.\begin{aligned} \ddot{\mathbf{u}} = \sum_{i=1}^{k}\mathbf{u}_i: \quad \ddot{\mathbf{j}}_u = \sum_{i=1}^{n}\mathbf{j}_{ui} \\ \ddot{\mathbf{g}} = \sum_{i=1}^{m}\mathbf{g}_i; \quad \ddot{\mathbf{j}}_g = \sum_{i=1}^{n}\mathbf{j}_{gi} \end{aligned}\right\} \to \left.\begin{aligned} \ddot{\mathbf{u}} = \sum_{i=1}^{k}\mathbf{u}_i: \quad \ddot{\mathbf{g}} = \sum_{i=1}^{n}\mathbf{g}_i \\ \ddot{\mathbf{j}}_g = \sum_{i=1}^{n}\ddot{\mathbf{j}}_{gi} = \ddot{\mathbf{j}}_u = \sum_{i=1}^{n}\ddot{\mathbf{j}}_{ui} \end{aligned}\right\} \to \left.\begin{aligned} F_u = F_g \\ M_u = M_g \end{aligned}\right\}\Bigg|_{\substack{V(0)=0\\ \omega(0)=0}}. \tag{9}$$

Умова (9) говорить про головне - встигнути компенсувати прискорення. Усувати зміщення вже пізно, якщо вони виникли, то мета управління не досягнута. Отже, для вирішення завдання необхідно виконання вимог:

$$\begin{aligned} \Delta\mathbf{x} &= \mathbf{x} - \mathbf{x}_0 \to 0; \\ \Delta\dot{\mathbf{x}} &= \dot{\mathbf{x}} - \dot{\mathbf{x}}_0 \to 0; \\ \Delta\ddot{\mathbf{x}} &= \ddot{\mathbf{x}} - \ddot{\mathbf{x}}_0 \to 0. \end{aligned} \tag{10}$$

Таким чином, з огляду на усунення помилки статизму, необхідно використовувати ПІДД[2] регулятор. Спочатку компенсується прискорення, потім швидкість, потім зміщення і потім усувається помилка статизму. Природно, це може бути оптимальний або приватний регулятор, але закон регулювання вимагає виконання умов (10). Таким чином, кожен з компонентів вектора управління пов'язаний зі своєю матрицею розмірністю 6x6.

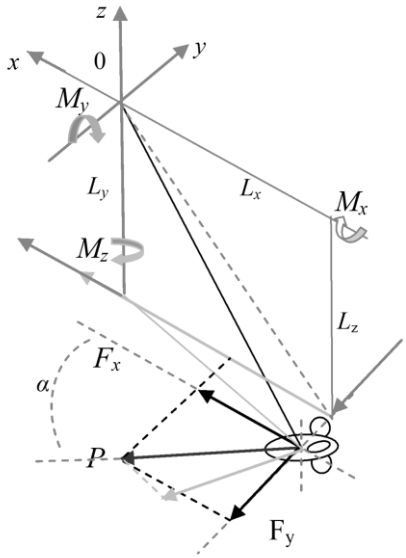


Рисунок 3 – Схема розрахунку компонент вектора управління

Для вектора упору гвинта P, спрямованого під кутом α до осі судна отримуємо прості співвідношення для розрахунку компонент вектора управління.

Управління визначається кутами установки гвинтів та їх упором, так як геометричні розміри конкретного плавучого об'єкта незмінні.

Висновки. Судно, як динамічний об'єкт, описується системою диференціальних рівнянь другого порядку, розмірність простору стану дорівнює 6. Завдання динамічного позиціонування дозволяє використовувати лінійну модель динаміки судна. Для підвищення точності позиціонування необхідно на плавучому об'єкті мати свою систему ідентифікації моделі, що дозволить використовувати оптимальні алгоритми управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Thor I. Fossen A nonlinear unified state-space model for ship maneuvering and control in a seaway. Department of Engineering Cybernetics Norwegian University of Science and Technology NO-7491 Trondheim, Norway метод доступа https://www.researchgate.net/publication/220273154_A_Nonlinear_Unified_State-Space_Model_for_Ship_Maneuvering_and_Control_in_a_Seaway/link/0fcfd5123889a0abe1000000/download.

2. Perez, T., Fossen T.I. A Matlab Tool for Parametric Identification of Radiation-Force Models of Ships and Offshore Structures. Modelling, Identification and Control, 2009. MIC-30 (1):1-15.

3. Perez T. Ship Motion Control. Monograph. Berlin, Springer, 2005. 300 p. Бутаков И.Б., Тимофеев К.В. Моделирование системы динамического позиционирования оффшорного судна. Науковий вісник Херсонської державної морської академії. 2019. Вип. № 2 (21). С. 20–29.

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ СУДНА ПРИ ВІТРОВОМУ І ХВИЛЬОВОМУ ВПЛИВІ

Голіков В.В., Сінюта К.О.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. Основну збурюючу дію при стабілізації швидкості судна на курсі надає морське хвилювання. У відкритому морі воно нерегулярне. Крім того, в штормову погоду на власні коливання судна на курсі накладаються вимушені коливання, а так само спостерігається зміна швидкості. Під час руху судна при вітрі і схвильованій поверхні моря найбільші втрати швидкості спостерігаються при посиленні швидкості носового зустрічного вітру і збільшенні висоти хвилі. Із завданням оцінки і прогнозу зміни швидкості судна при вітровому і хвильовому збуренні стикаються всі учасники процесу морського перевезення вантажу – від судноводіїв та судномеханіків морських суден, яким знання швидкості ходу судна необхідне для розрахунку параметрів рейсу і запасів палива, до судновласників при вирішенні завдань комерційної ефективності рейсу.

Актуальність досліджень. Проблема вибору методу оцінки втрати швидкості при вітровому і хвильовому впливі становить особливий інтерес. В результаті раніше проведених досліджень ряду авторів [1-8] були отримані емпіричні залежності втрати швидкості судна при впливі вітро-хвильових збурень. Однак, складність визначення деяких параметрів, що входять в отримані залежності, і часткове визначення параметрів засобами емпірики безпосередньо на судні, віддалили існуючі методи від практичного використання судноводієм на флоті.

Постановка задачі. Основна задача дослідження полягає у аналізі існуючих методів оцінки вітро-хвильового опору та втрати швидкості судна. Умовно робота поділена на дві частини. У першій частині наведено формули, які стосуються визначення швидкості з урахуванням вітро-хвильових втрат, отримані за результатами натурних досліджень. Більшість отриманих залежностей отримані в результаті введення безрозмірних емпіричних коефіцієнтів. У другій частині роботи наведені існуючі формули опору вітру, хвилювання, а так само опір руху з урахуванням зибі.

Виклад основного матеріалу дослідження. В роботах П.С. Суворова [1] за результатами експерименту були отримані залежності, що відображають спектр зміни значень витрати палива і від швидкості, і швидкості від висоти хвилі. За наведеною залежністю, зроблено висновок про зростання швидкості на попутному хвилюванні при незмінних параметрах роботи пропульсивного комплексу в середньому на 0.8-1 вузла.

Для зустрічного хвилювання отримані залежності мають вигляд:

$$V = 192,42 B_м^{-0,9} \quad (1)$$

$$V = 8,66 h_{3\%}^{-0,1} \quad (2)$$

У свою чергу, залежності для попутного хвилювання.

$$V = 156,74 B_м^{-0,9} \quad (3)$$

$$V = 9,48 h_{3\%}^{-0,1} \quad (4)$$

де $B_м$ – витрата палива, л/миля, $h_{3\%}$ – висота хвилі 3% забезпеченості, м, V – падіння швидкості, вузл.

Наведені залежності отримані для суден з водотоннажністю від 3000 до 5740 рт.

У роботі А.С. Мальцева [2] наведено формулу швидкості дрейфу:

$$V_{др} = W_i / \sin\alpha \cdot \sqrt{C_{ау} / C_2 \cdot \rho_в / \rho \cdot S_н / S_п \cdot \sin q_i} \quad (5)$$

де α – кут вітрового дрейфу, W_i – швидкість істинного вітру, C_{ay}/C_2 – відношення безрозмірних коефіцієнтів поперечної і аеро-гідродинамічної сил, S_n – площа поверхні зануреної частини корпусу судна, q_i – кут істинного вітру.

Розрахунок швидкості судна на хвилюванні за формулою Б.І. Сайфулліна [3]:

$$V = V_0 - (ah_{3\%} + bh_{3\%}{}^2) + kq_k h_{3\%}, \tag{6}$$

де V_0 – швидкість судна на тихій воді, a, b, k – емпіричні коефіцієнти, q_k – курсовий кут хвилі.

Для порівняння наведемо подібну формулу визначення швидкості судна на хвилюванні, залежну тільки від самих основних конструктивних елементів судна і поточної осадки:

$$V = V_o - (0,745h_{3\%} - 0,275q_k h_{3\%})(1 - 1,35 \cdot 10^{-6} DV_o) \tag{7}$$

де D – водотоннажність судна.

Наступний розглянутий спосіб визначення впливу хвильового збурення на судно розроблений А. В. Юрканським [4] та заснований на визначенні безрозмірних коефіцієнтів хвильових сил по просторових осях і моменту $C_m{}^w$ за результатами випробувань суден в натурних умовах:

$$\begin{cases} C_x{}^w = 0,062B/T - 0,0085L/T + 0,328\delta_V; \\ C_y{}^w = 0,0823L/B + 2,56T/L + 0,90\delta_V{}^2; \\ C_m{}^w = 0,15\delta v + 0,197\delta_v^2 - 0,00373L/T; \end{cases} \tag{8}$$

де B – ширина судна, T – осадка, δ_V – коефіцієнт загальної повноти судна.

Дані залежності справедливі для співвідношень L/T 10-23, B/T 1-3.7, L/B 5-12, δ_V 0,6-0,8.

Після перетворень формул можна знайти величину плеча сили хвильової природи:

$$l_w = C_m{}^w / C^w{}_y \cdot \sin(2q_w)/2 - q_w/\pi/\sin q_w \cdot L \tag{9}$$

де q_w – курсовий кут бігу хвилі.

У своїй роботі Я.І. Войкутинський [5], ґрунтуючись на лінійній теорії качки і суперпозиції пропонує оцінювати силу хвильового впливу за формулою (10)

$$R_{вy} = 0,5\rho g L h_{3\%} K_{вy} \tag{10}$$

де ρ – щільність морської води, $R_{вy}$ – сила хвильового впливу, L – довжина судна між перпендикулярами, $K_{вy}$ – безрозмірний хвильовий коефіцієнт, який залежить від розмірів судна і можуть бути визначені за графіками, наведеними в довіднику [6], довжини хвилі та її курсового кута.

Далі розглянемо розрахунок опору руху судна від вітру і регулярного хвилювання (зибі).

Формула розрахунку опору руху судна за рахунок зибі:

$$\Delta R_b = \rho(V_o + c)/2 \cdot Bh/\pi(1 - \cos\varphi) \tag{11}$$

де φ – кут входу носової гілки ватерлінії, c – швидкість бігу хвилі.

Формула розрахунку додаткового опору руху судна від вітру:

$$R_в = C_x \cdot \rho_в w^2/2 \cdot S \tag{12}$$

де C_x – безрозмірний коефіцієнт опору повітря, $\rho_в$ – щільність повітря, S – площа проекції надводної частини судна на площину мідель-шпангоута.

Формула втрати швидкості при вітро-волновому впливі [7]:

$$\Delta V_o = 0,01 \cdot V_C \left\lfloor m' / L\left(\Delta_W / 10 - \Delta_W\right) + n \right\rfloor \tag{13}$$

$$m' = \begin{cases} 900 \text{ при } 0^\circ \le q_w < \pm 30^\circ, \\ 42\left(27.1 - \Delta_W\right) \text{ при } \pm 30^\circ \le q_w < \pm 60^\circ, \\ 34\left(15.5 - \Delta_W\right) \text{ при } \pm 60^\circ \le q_w < \pm 120^\circ, \\ 29,2\left(\Delta_W - 1.57\right) \text{ при } \pm 120^\circ \le q_w < \pm 180^\circ. \end{cases} \qquad n = \begin{cases} 4,7\left(\Delta_W - 4,6\right) \text{ при } 0^\circ \le q_w < \pm 30^\circ, \\ 3,2\left(\Delta_W - 4,37\right) \text{ при } \pm 30^\circ \le q_w < \pm 60^\circ, \\ 2\left(\Delta_W - 4,5\right) \text{ при } \pm 60^\circ \le q_w < \pm 120^\circ, \\ \left(\Delta_W - 5\right) \text{ при } \pm 120^\circ \le q_w < \pm 180^\circ. \end{cases}$$

де Δ_W – інтенсивність хвилювання, q_w – курсовий кут хвилювання, L – довжина судна, м.

Для швидкохідних суден (швидкість ходу 15 - 18 вузлів) Г. Аертсен запропонував емпіричну формулу для оцінки втрати швидкості:

$$100 \frac{\Delta v_W}{v_o} = \frac{m}{L} + n \tag{14}$$

де v_W – втрата швидкості при хвилюванні, вузли; m та n – емпіричні коефіцієнти представлені в табличній формі, які залежать від інтенсивності Δ_W і напрямку хвилювання щодо курсу q_W.

У роботі О.Л. Вагущенко [8] наведена модель для прогнозу втрат швидкості від вітру та хвилювання з малою кількістю параметрів:

$$\Delta V = 0,01 \cdot V_0 \cdot Z_1 \cdot h_z^{Z_2} / \sqrt{1 + (Z_3 q_w / \pi)^2} = 0,01 \cdot V_0 f_W(Z_1, Z_2, Z_3) \tag{15}$$

де $Z_1 \approx 120 / L + 0,5$; $Z_2 \approx 1,7$; $Z_3 \approx 3,0$ – коефіцієнти, h_z – висота значної хвилі.

Результати досліджень. У результаті дослідження, були обрані формули, які будуть гранично простими щодо вихідних даних по судну і параметрам вітру і хвилювання при цьому даючи досить точні результати.

Висновки. На підставі аналізу наведених формул, можна зробити наступний висновок. У випадку, коли відомі лише основні параметри судна, найбільш прості в застосуванні формули (13) та (15). Формула (7) так само має перевагу з точки зору універсальності (за типом судна), але ускладнена необхідністю знання фактичної водотоннажності судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Суворов П.С. Оценка расхода топлива и потери скорости в условиях штормового волнения / П.С. Суворов, Т.В. Тарасенко // Автоматизация судовых технических средств. - 2007. - Вып. 12. - С. 115-121. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/asts_2007_12_13.
2. Мальцев А.С. Теорія і практика безпечного управління судном при маневруванні : автореф. дис. на здоб. наук. ступ. д.т.н. / Мальцев Анатолій Сидорович. – Одеса, 2007. – 36 с.
3. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля и мореходности. – О.: Феникс, 2005. – 274с.
4. Юрканский А.В. Исследование управляемости судов в условиях ветра и волнения : дис. канд. техн. наук : 05.08.01 / Юрканский Александр Викторович. – Санкт-Петербург, 2005. – 118 с.
5. Войкутинский Я.И. Сопротивление движению судов. - Л.: Судостроение, 1988.- 253 с.
6. Прикладные задачи динамики судов на волнении. / И.К. Бородай, В.А. Мореншильдт, Г.В. Виленский и др. – Л.: Судостроение, 1989. – 264 с.
7. Голіков В.В. Удосконалення методів вибору економічно вигідних і безпечних морських шляхів [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.16 / Голіков Володимир Володимирович ; Одеська національна морська академія. - О., 2007. - 22 с.
8. Вагущенко О.Л. Вдосконалення методів оперативної корекції маршруту судна [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.13 / Вагущенко Олександр Леонідович ; Одеська національна морська академія (ОНМА). - О., 2008. - 22 с.

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СУДНОПІДНІМАЛЬНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Головань А.І., Гончарук І.П.
Одеський національний морський університет
(Україна)

Вступ. Важливу роль у вирішенні проблеми забезпечення необхідних умов функціонування морського та річкового флоту відіграють судноремонтні заводи. Переважна більшість судноремонтних заводів України, в своїй виробничій діяльності використовують сліпи. Сліпи, найбільш поширені в світовій суднобудівній та судноремонтній галузі, суднопіднімальні гідротехнічні споруди (СГТС) з основою у вигляді залізобетонних балок на палях або пальовій основі. Сліпи відносяться до транспортної техніки, яка виконує роль внутрішньозаводського транспорту, що використовується в технологічному процесі ремонту судна та забезпечує осушення підводної частини судна для його огляду і ремонту. Транспортна техніка – це вид транспорту, який служить для періодичного переміщення по території заводу або підприємства вантажів на виробничі майданчики або в цехи.

Актуальність дослідження. Виконання покладених на сліпи завдань має забезпечуватися ефективною експлуатацією комплексу його технічних засобів.

Обстеження і контроль технічного стану суднопідіймальних гідротехнічних споруд утворюють комплексну систему технічного контролю цих об'єктів, що забезпечує ефективне використання, збереження і безпеку експлуатації споруд протягом встановленого терміну їх служби [1].

Метою контролю технічного стану є визначення дійсного технічного стану суднопіднімальних гідротехнічних споруд, забезпечення їх справності, перевірки придатності до їх безпечного використання, надійності спуску та підйому засобів водного транспорту та охорони людського життя.

Постановка задачі. Обстеження споруд поділяють:

- на первинні комплексні обстеження - проводяться не пізніше ніж через шість місяців після введення споруд в експлуатацію;
- чергові комплексні обстеження - проводяться не рідше одного разу на п'ять років (після закінчення терміну дії свідоцтва про придатність споруди до експлуатації) [2];
- позачергові обстеження - проводяться при порушеннях нормативних умов експлуатації, коли виникають обґрунтовані сумніви в працездатності конструкцій споруди, при виникненні аварійних пошкоджень конструкцій, а також після реконструкції або капітального ремонту;
- спеціальні обстеження (спостереження за загальними та місцевими деформаціями і зсувами споруд [3], їх дослідна огрузка, обстеження ґрунтів підстав і засипки, розтин заглиблених елементів споруд) - виконуються у випадках виявлення ознак неприпустимих деформацій і відхилень планово-висотного положення споруди від проектних значень [4].

Контроль технічного стану суднопідіймальних гідротехнічних споруд проводять для забезпечення їх безпечної експлуатації шляхом своєчасного виявлення дефектів і порушень режиму експлуатації та вжиття заходів, щодо усунення даних дефектів і порушень [5]. Методика і обсяг технічних оглядів і спостережень для контролю, включаючи вимірювання, повинні забезпечувати достовірність і повноту одержуваної інформації для підготовки обґрунтованого висновку про поточний технічний стан споруд і розробки заходів з їх технічного обслуговування з метою забезпечення безпечної експлуатації об'єктів [6].

Розробка інтелектуальних систем оцінки технічного стану полягає в розробці спеціальних алгоритмів, які допомагають обслуговуючому персоналу прийняти правильне рішення про технічний стан в даний момент роботи.

Застосування принципу безперервного аналізу, при якому програмний комплекс за допомогою спеціальних пристроїв автоматично аналізує поточні умови експлуатації і дає спеціальні адаптовані рекомендації сервісному персоналу і оператору, є перспективним напрямком розвитку системи технічної експлуатації.

Принцип дистанційного діагностування забезпечує безперервний контроль технічного стану систем і конструкції суднопіднімальних та судноремонтних споруд і виявлення передвідмовного стану. Дистанційне діагностування являє собою процес визначення технічного стану об'єкта діагностування на віддаленій відстані, за допомогою отримання сигналів з датчиків, встановлених на суднопіднімальних та судноремонтних спорудах.

Результати дослідження. Використання систем контролю технічного стану суднопіднімальних та судноремонтних споруд, що володіють функціями збору і передачі інформації про поточний стан, допомагають прийняти додаткові заходи для зниження ризику появи непрогнозованої відмови систем і агрегатів, дозволить не тільки безперервно виконувати задану роботу більш тривалий час, а й збільшить експлуатаційний термін загалом.

Основними функціями системи технічної діагностики є:

- оцінка стану суднопіднімальних споруд;
- пошук несправностей та причин відмови;
- прогнозування технічного стану.

Загальна схема напрямків підвищення ефективності контролю технічного стану суднопіднімальних споруд наведена на рисунку 1.

Рисунок 1 – Напрямки підвищення ефективності контролю технічного стану суднопіднімальних споруд

Висновки. Дослідження сучасних та перспективних систем контролю технічного стану суднопіднімальних гідротехнічних споруд, визначає що на теперішній час можливість інтенсивного розвитку традиційних систем вимірювання технічних параметрів практично вичерпана. Подальше підвищення надійності і ефективності експлуатації суднопіднімальних гідротехнічних споруд вимагає розширеного застосування компонентів технічної діагностики для оцінки і прогнозування фактичного технічного стану суднопіднімальних гідротехнічних споруд. Тому найбільш перспективним напрямом удосконалення названих систем є їх комбінування, інтеграція та впровадження нових відповідних моделей та методів в розподіленій системі вимірювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vidal H. The Development and future of reinforced earth / Keynote address Symp. Earth Reinforcement ACSE – Pittsburg p.1-61.

2. Бугаєва С.В., Головань А.І., Гончарук І.П. Підвищення безпеки експлуатації гідротехнічних споруд / VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, науки, практика», м. Херсон, 2019 (SLA-2019) ХДМА, с. 94-96.

3. Балашова Ю.Б. Экспериментальное изучение закономерностей деформаций ползучести армированных водонасыщенных глинистых грунтов в условиях одноосного сжатия / Сб. научн. трудов ПГАСиА Вып.2 ч.1 Основания и фундаменты. Строительные материалы и изделия / Днепропетровск ПГАСиА – 1997 – с 6-9.

4. Болдырев Г.Г. Устойчивость и деформируемость оснований анкерных фундаментов / Стройиздат – М. 1987 80 стр.

5. Бугаєва С.В., Головань А.І., Гончарук І.П. Підвищення безпеки експлуатації гідротехнічних споруд шляхом експериментальних методів визначення взаємодії паль-оболонок і ґрунту основи / VII Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, науки, практика», м. Херсон, 2020 (SLA-2020) ХДМА, с. 72-74.

6. Довгаленко А.Г. Теория и практика модельных исследований морских причальных сооружений / Транспорт – М:1977.

РЕЙКОТРОН, ЯК НАДШВИДКІСНА ТРАНСПОРТНА ТЕХНОЛОГІЯ

Дзензерський В.О., Бурилов С.В., Тарасов С.В., Скосар В.Ю.
Інститут транспортних систем і технологій НАН України
(Україна)

Вступ. Закономірним результатом розвитку транспортних технологій є поява високошвидкісного транспорту: магнітолевітаційного наземного транспорту, реактивних систем в авіаційно-космічній техніці [1]. Наступним кроком може стати створення надшвидкісних транспортних систем: вакуумованого магнітолевітаційного транспорту, електромагнітних прискорювачів макротіл (рейкотронів), принципово нових космічних транспортних технологій. Вже в наш час рейкотрони знаходять використання для моделювання малих метеоритів і техногенних частинок, для вивчення руйнуючої дії надшвидкісних тіл при зіткненні з різноманітними мішенями, а також у військовій справі [2-4]. Розглядається можливість використання рейкотронів для запуску малогабаритних космічних апаратів, а також для руйнування небезпечних астероїдів [5].

Актуальність дослідження. В США, Китаї, Росії тривають розробки з військового застосування рейкотрону, незважаючи на технічні труднощі у відповідних проектів. Останні випробування військового рейкотрону Китаю відбулися у лютому 2019 р., в США – у червні 2019 р. [4, 6]. Збройні Сили США можуть отримати рейкотрони вже у 2021 р. [7]. Ці факти треба враховувати. Крім того, треба враховувати космічну небезпеку: всі пам’ятають наслідки падіння челябінського метеориту 15.02.2013 р., а 28.02.2020 р. великий метеорит вибухнув в небі над Хорватією [8]. Тому розробка рейкотрону, а також його якорю, здатного руйнувати небезпечний астероїд, є актуальним завданням. Автори продемонструють відповідні розробки Інституту транспортних систем і технологій НАН України.

Результати досліджень. Спочатку наведемо загальні відомості. Звичайно, рейкотрон включає два (або парну кількість) паралельних ізольованих електрода, до яких крізь пристрій комутації підключено потужне джерело електричної енергії. До таких джерел належать: батарея імпульсних конденсаторів високої напруги; вибухомагнітний або магнітокумулятивний генератор; генератор на хімічному паливі; уніполярний генератор з індуктивним накопичувачем. Проміж електродами розміщено якір – макротіло, що метають, і металевий провідник. При замкненні електричного ланцюгу крізь електроди і якір проходить імпульсний струм і виникає сила Лоренца, яка виштовхує якір. При цьому можливі дві ситуації, на яких обґрунтовано два метода виштовхування. Якщо макротіло і металевий провідник є одне суцільнометалеве тіло, то струм проходить крізь нього, і сила Лоренца діє безпосередньо на нього. Якщо ж металевий провідник зроблено окремо, то він перетворюється в плазму, на яку діє сила Лоренца. Ця плазма виштовхує макротіло [2, 3].

На думку дослідників, швидкість якорю на рейкотронах сучасних конструкцій може досягти 10 км/год. Але рейкотрон має низку недоліків при експлуатації. Це ерозія стартової зони каналу прискорювача; руйнування плазмового поршню, що погіршує ефективність розгону якорю; велике механічне навантаження на рейки, що швидко виводить їх з ладу [2, 3]. Крім того, ефективність рейкотронів залежить від конструктивних особливостей їх якорів. В деяких випадках параметри якоря мають бути вирішальними.

Тому фахівці Інституту транспортних систем і технологій НАН України на даному етапі запропонували розробку якорю рейкотрону, якій здатен руйнувати невеликий астероїд, або знайти використання у військовий справі. На рис. 1 наведено схему якоря рейкотрону. Якір містить передню частину 1 з м’якої сталі, в якої розміщено кільцевий магніт 2 типу Nd-Fe-B, вісь якого співпадає з віссю симетрії 3 аеросфери (загальної оболонки). Якір містить середню частину 4 з загостреним носом, з вольфраму, причому задня стінка середньої частини має форму конуса, внутрішній кут якого дорівнює 120º і

спрямовано в напрямку руху якорю. Якір також містить задню частину 5 з алюмінію, де прикріплено закрилки 6, і всередині якої розміщено в щільній упаковці шарики 7 з вольфраму, причому шарики щільно контактують з задньою стінкою середньої частини. Діаметр шариків 7 може становити 5 ÷ 25 мм, а товщина алюмінієвої стінки задньої частини, як правило, не перевищує 2 ÷ 3 мм. Якір може додатково містити систему наведення, навігації та управління 8. Закрилки 6 можуть бути оснащено клапанами (на Рис.1 не вказано), при цьому клапани розсуваються і висуваються під час польоту для керування траєкторією якорю під час польоту. Закрилки 6 з клапанами виконано з діамагнетику або парамагнетику для запобігання намагнічування і блокування роботи закрилків і клапанів. Тому закрилки, клапани і задня частина виконано, наприклад, з алюмінію. Закрилки, клапани і задня частина можуть бути виконано з діамагнітного композиційного матеріалу (наприклад, з графіт-скло/епоксид). Арматура 9 може бути виготовлена з алюмінію, міді, просоченого сріблом вольфраму або просоченого міддю вольфраму. Ізолятор 10, що оточує арматуру 9, може містить високоміцний високотемпературний пластик, наприклад, NYLATRON® or LEXAN® (дивись [9]).

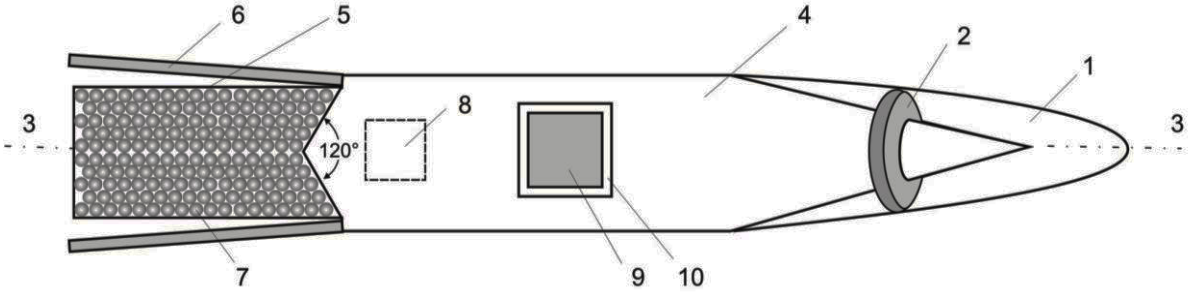


Рисунок 1 – Схема якоря рейкотрону

На рис. 2 вказані процеси зіткнення якорю з астероїдом: міцним залізним (2 a) і неміцним кам’яно-крижаним, або з кометою (2 b).

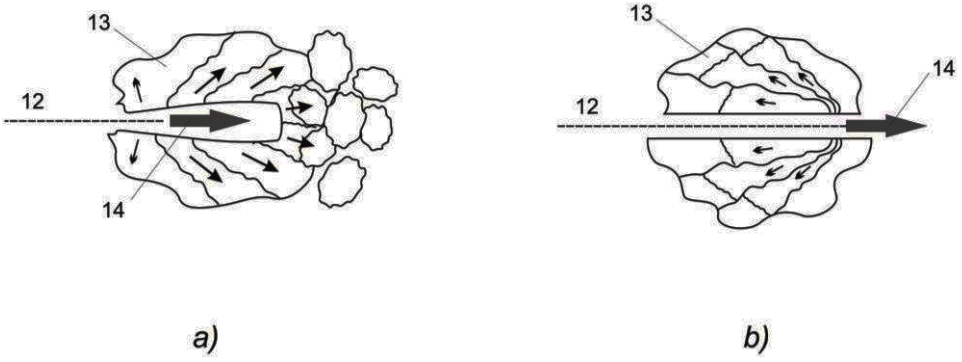


Рисунок 2 – Процеси зіткнення якорю з астероїдом: a) - міцним залізним; b) - неміцним кам’яно-крижаним, або з кометою

Розглянемо процес попереднього розгону якорю. Феромагнітна передня частина 1 разом з потужним кільцевим магнітом 2 генерують потужне магнітне поле. Орієнтацію магнітного поля пристрою попереднього розгону узгоджено з орієнтацією магнітного поля якорю. Тому відбувається втягування якорю в напрямку пристрою попереднього розгону і в канал розгону в рейкотроні (на рис. не вказані).

Розглянемо процес взаємодії якорю при зіткненні з астероїдом або ядром комети. На рис. 2 a) якір по траєкторії 12 встромляється в міцний залізний астероїд 13. Головний напрямок удару 14 забезпечує свердловину в астероїді, а фрагменти середньої частини 4 забезпечують руйнування астероїду (великі чорні стрілки). Крім того, при розльоті шариків 7 руйнується (малі чорні стрілки) частина астероїду, яка розташовано поблизу точки

зіткнення з якорем. На рис. 2 b) якір по траєкторії 12 встромляється в неміцний кам'яний-крижаний астероїд, або в ядро комети 13. У багатьох випадках це призведе до проходження головних фрагментів 14 якорю на виліт крізь мішень, але шарики 7 зруйнують астероїд або ядро комети за рахунок розльоту (чорні стрілки).

Передня частина 1 аеросфери призначено для мінімізації аеродинамічного опору, тому вона має обтічну форму. Це збільшує швидкість якорю і енергію зіткнення. Передня частина 1 аеросфери призначено також для першого контакту з мішенню, тому вона виконана з відносно м'якого матеріалу. При зіткненні якоря з різноманітними мішенями передня частина сприяє зціпленню якорю з мішенню не тільки у випадку лобового удару, але навіть у разі дотичного, ковзаючого зіткнення, зменшуючи можливість рикошету. Крім того, передня частина аеросфери призначена для попереднього магнітного розгону якорю, тому вона ще – з феромагнітного матеріалу. Таким чином, передня частина аеросфери виконана з м'якої сталі. Всередині передньої частини розміщено кільцевий магніт, вісь якого співпадає з віссю 3 симетрії аеросфери. Це забезпечує симетричну намагніченість передньої частини і ефективний попередній розгін усього якорю, оскільки магнітне поле пристрою попереднього розгону буде взаємодіяти з потужним магнітним полем передньої частини. Вочевидь, що магнітну орієнтацію пристрою попереднього розгону треба узгоджувати з магнітною орієнтацією кільцевого магніту для забезпечення потрібного напрямку руху якорю, але це дуже легко.

Середня частина 4 аеросфери має загострений ніс, і виконана з відносно твердого, важкого матеріалу, тому що при зіткненні якоря з різноманітними мішенями вона призначена для проникання у внутрішній об'єм мішені. Крім того, середня частина 4 повинна бути з немагнітного матеріалу (діамагнетика або парамагнетика), щоб не передати намагнічування до задньої частини аеросфери і не блокувати таким чином роботу закрилків і клапанів. Тому середня частина 4 виконана з вольфраму. При зіткненні якорю з дуже твердими і міцними мішенями середня частина 4 аеросфери проникає у внутрішній об'єм мішені і генерує великий обсяг надкритичних флюїдів і плазми, якій здійснюється внаслідок кінетичного удару та подальшого проникаючого встромлення фрагментів, що розлітаються, в матеріал мішені. Це сприяє загальному руйнуванню мішені. При зіткненні якорю з неміцними мішенями середня частина може і не встигнути генерувати необхідний обсяг надкритичних флюїдів і плазми, бо вона пройде крізь мішень на виліт. Але, в цьому випадку середня частина різко зменшить швидкість польоту по причині контакту з мішенню. І тоді спрацює задня частина аеросфери, оскільки задня стінка середньої частини 4 має форму конуса, внутрішній кут якого спрямовано в напрямку руху якорю; це потрібно для розльоту шариків задньої частини.

Задня частина 5 аеросфери виконана з відносно легкого немагнітного матеріалу, де прикріплено закрилки 6 і клапани з такого ж матеріалу. Легкий немагнітний матеріал найбільш ефективний для виконання функцій задньої частини – для роботи клапанів і закрилків 6, які керують траєкторією якорю під час польоту. Немагнітний матеріал задньої частини 5 запобігає намагнічуванню і липкому блокуванню закрилків 6 і клапанів. Крім того, легкий матеріал не перевантажує якір. Тому задня частина 5 виконана з алюмінію. Задня частина 5 аеросфери спрацьовує, коли якір зіткнеться з неміцними мішенями, тому що всередині задньої частини розміщено в щільній упаковці шарики 7 з того ж матеріалу, що і середня частина аеросфери – з вольфраму. Оскільки шарики 7 щільно контактують з задньою стінкою середньої частини, яка має форму конуса, внутрішній кут якого спрямовано в напрямку руху якорю, то при зіткненні і різкому зменшенні швидкості польоту якорю шарики 7 розлетяться у внутрішній об'єм мішені. Це стає можливим, оскільки середня частина аеросфери вже зробить наскрізну свердловину в мішені. Вочевидь, що стінки задньої частини 5 потрібно зробити достатньо тонкими, щоб вони легко руйнувалися при зіткненні з мішенню і не заважали розльоту шариків. Ці шарики генеруватимуть необхідний обсяг надкритичних флюїдів і плазми у внутрішньому об'єму

мішені і сприятимуть загальному руйнуванню мішені. Щільна упаковка шариків дозволяє раціонально використовувати обсяг якорю, бо зменшує обсяг пустот. Якщо внутрішній кут конуса задньої стінки середньої частини дорівнює 120º, то шарики будуть щільно прилягати до неї. Крім того, згідно до наших оцінок, при такому куті конусу задньої стінки (тобто 120º) шарики розлетяться у всіх напрямках у внутрішній об'єм мішені, максимально руйнуючі її.

Висновки. Запропонована нами надшвидкісна транспортна технологія може бути використана для руйнування невеликих астероїдів (і ядер комет), а також може знайти використання у військовій справі.

Розроблені нами зміни в конструкцію якоря рейкотрону дозволяють руйнувати високошвидкісні мішені при їхньому входженні в атмосферу Землі, в щільних шарах атмосфери, а також в космічному просторі (наприклад, якщо рейкотрон розміщено на природному супутникові Землі).

Ця робота продовжує наші попередні розробки, про які опубліковано в [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Інститут транспортних систем і технологій НАН України. Режим доступу: https://itst.org.ua.
2. John G. Ciezki, Jeffrey Scott McGuirk. An electromagnetic Railgun Design and realization for an electrical engineering capstone project/ ASEE's 123rd Annual Conference&Exposition, New Orleans LA, 26-29.06.2016. – paper ID #14624.
3. Семкин, Н.Д. Методы и средства ускорения частиц естественного и техногенного происхождения/ Н.Д.Семкин, К.И.Сухачев, А.С.Дорофеев // Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь, т.14, №4, 2015. – с.171-191.
4. В Китаї випробували найпотужнішу у світі корабельну гармату (12.02.2019). Режим доступу: https://www.unian.ua/weapons/10443060-v-kitaji-viprobuvali-naypotuzhnishu-u-sviti-korabelnu-garmatu-zmi.html.
5. Space rail guns (March 14, 2010). Режим доступу: https://newspaceglobal.com/space-rail-guns/.
6. Испытания рельсотрона для ВМС США: скорость снаряда превысила 2041 м/сек (06.06.2019). Режим доступу: https://eadaily.com/ru/news/2019/06/06/ispytaniya-relsotrona-dlya-vms-ssha-skorost-snaryada-prevysila-2041-msek.
7. Строев, А. На вооружение армии ВС США поступят боевые лазеры и электромагнитные пушки (17.01.2021). Режим доступу: https://vk-smi.ru/technology/1108938.
8. У небі над Хорватією вибухнув метеорит: опубліковано яскраві відео (28.02.2020). Режим доступу: https://apostrophe.ua/ua/news/world/europe/2020-02-28/v-nebe-nad-horvatiey-vzorvalsya-meteorit-opublikovanyi-yarkie-video/189707.
9. Patent 7,526,988 US, Cl. F41F 1/00 (2006.01). Electromagnetic railgun projectile/ Douglas J. Elder (US); The Boeing Company (US). - 11/432,575, 11.05.2006; 05.05.2009.
10. Дзензерський В.О., Бурилов С.В., Тарасов С.В., Скосар В.Ю. Електромагнітний прискорювач макротіл (рейкотрон), як інноваційна транспортна технологія. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2019): Збірка матеріалів XI Міжнародної науково-практичної конференції (28-30 травня 2019 р., м. Херсон). – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2019. – 464 с.

БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ БЕРЕГОВОЇ (ВОДНОЇ) ПОВЕРХНІ

Зубков А.М., Щерба А.А., Цицик М.В., Юнда В.А.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (Україна)
Д'яков А.В.
Львівський Державний університет внутрішніх справ (Україна)

Вступ. Локаційний моніторинг являється єдиним способом вирішення широкого спектра задач навігаційного забезпечення безпеки руху наземних (надводних) об'єктів. Найбільше поширення для локаційного моніторингу отримали оптичний, тепловий і радіолокаційний парціальний канали спостереження [1]. При цьому експлуатаційні можливості каналів в приземному шарі атмосфери суттєво диференційовані:

- оптичний – яснопогодний, денний;
- тепловий (інфрачервоний) – цілодобовий, ясно погодний;
- радіолокаційний – цілодобовий, всепогодний.

Інформаційні можливості, які зв'язані з просторовою роздільною здатністю в сприятливих для каналу умовах, диференційовані в зворотному порядку: оптичний канал, інфрачервоний, радіолокаційний. З точки зору мінімізації габаритно-ваговим показниках, радіолокаційний канал має працювати в міліметровому діапазоні (ММД) радіохвиль.

Актуальність досліджень. Актуальним напрямком науково-прикладних досліджень являється об'єднання експлуатаційних і інформаційних можливостей парціальних каналів спостереження в рамках інтегрованої системи локаційного моніторингу [2]. При цьому досягнення потенційних можливостей моніторингу по дальності і завадостійкості забезпечується за рахунок адаптації структури і параметрів багатоспектральної системи спостереження під цілефонову обстановку шляхом вибору кращого по показниках максимуму відношення сигнал/завада парціального каналу. Оптимальний по критерію максимуму правдоподібності алгоритм багатоспектральної обробки на всіх етапах локаційного моніторингу (виявлення, визначення координат, розпізнавання) синтезований в праці [3]. В праці [4] розглянуті алгоритми адаптації багатоспектральної системи спостереження для цілефонової обстановки, яка динамічно змінюється. Для розробників багатоспектральної системи локаційного моніторингу практичний інтерес являють конструктивно-функціональні характеристики інтегрованої системи локаційного моніторингу.

Постановка задачі. Інженерний синтез конструктивно-функціональної структури і аналіз характеристик багатоспектральної системи локаційного моніторингу земної (водної) поверхні.

Результати досліджень. Ключовим технічним питанням створення багатоспектральної системи локаційного моніторингу являється оптимальна конструкція апертурної частини, яка повинна забезпечити взаємоюстовані в просторі і взаємосинхронізовані по часу огляди зони спостереження.

Структурно-функціональна схема першого варіанту представлена на рис. 1. Вона базується на ідеї поляризаційної інформаційної розв'язки парціальних спектральних каналів і містить плоске дзеркало сканування *1*, яке пов'язано з керованим електроприводом *2*. Приймач теплового випромінювання ІЧ діапазону *3* розташовано у фокусі параболічного дзеркала *4*. У геометричному центрі параболічного дзеркала розташовано випромінювач ММД *5*, який з'єднано з когерентно-імпульсним приймачем-передавачем *6*. Інформаційна розв'язка радіолокаційного і теплового каналів забезпечується печатними поляризаційними фільтрами *7, 8,* які виконано у вигляді

дифракційних решітка, що орієнтовані під кутом 45° один до одного. Фільтри нанесено на гіперболічну *9* та параболічну *10* підкладки, що виконані з оптико- та радіопрозорого матеріалу (наприклад, кварцу). Єдиний блок обробки, управління та синхронізації *11* формує РЛЗ та ОЗ, а також сигнали управління електроприводом дзеркала сканування та часового стробування приймача ІЧ діапазону для підвищення завадозахищеності теплового каналу.

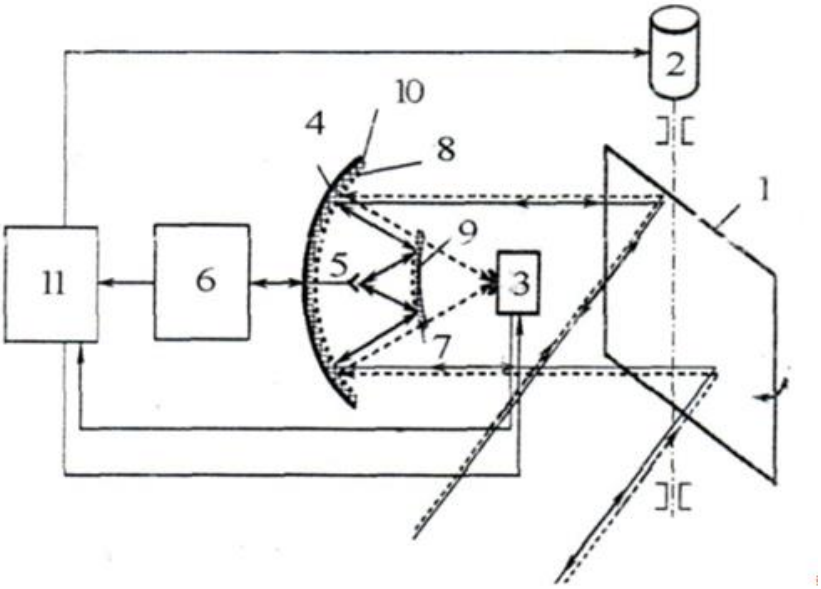


Рисунок 1 – Структура інтегрованої двоспектральної системи локаційного моніторингу: ── радіолокаційний канал; – – – – тепловий канал.

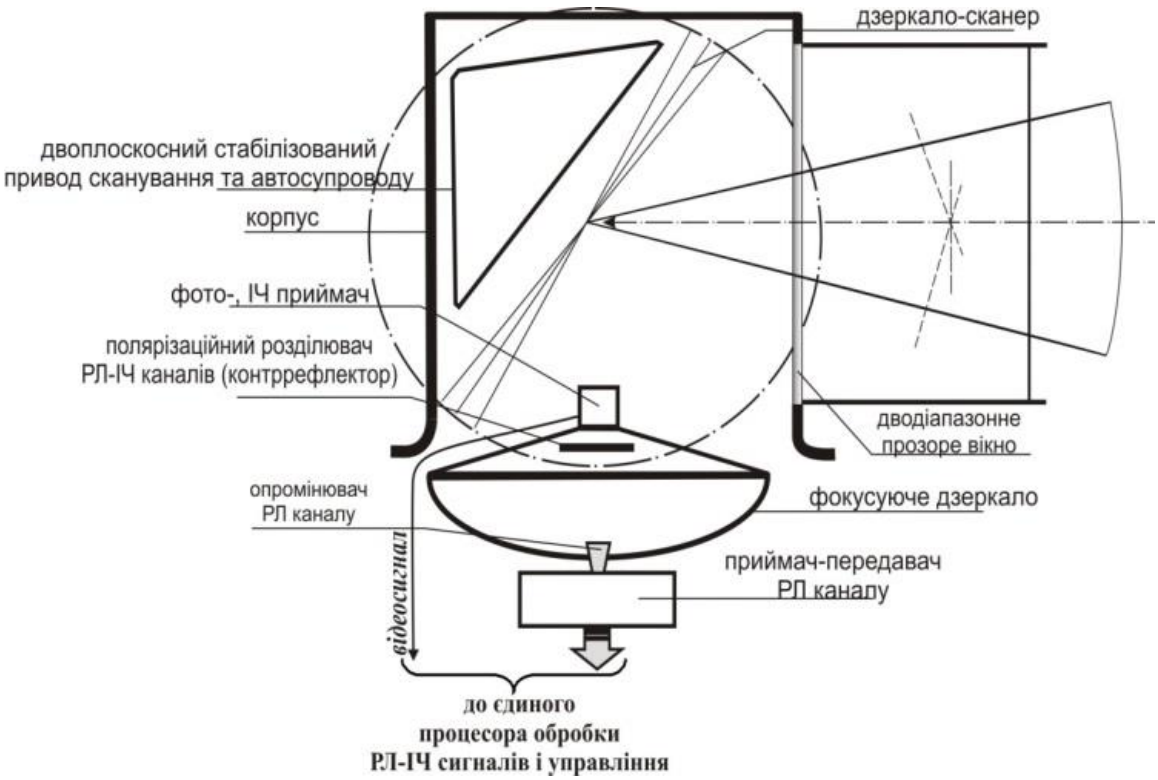


Рисунок 2 – Ескіз конструкції інтегрованого радіооптичного блоку

Конструктивні параметри поляризаційних фільтрів та інших елементів інтегрованої системи можуть бути визначені методами СВЧ оптики [5]. Так, ширина лінії дифракційної решітки печатного фільтра *d* повинна задовольняти умові

$$d \le 0{,}01\lambda,$$

а крок D визначається із рівняння

$$\frac{\lambda}{D\ln\left(\frac{D}{\pi d}\right)} = 2{,}046,$$

де λ – робоча довжина хвилі радіолокаційного каналу.

Другий можливий варіант конструкції інтегрованого радіооптичного блоку наведено на рис. 2.

Висновки:

- Багатоспектральна система локаційного моніторингу берегової (водної) поверхні конструктивно може бути реалізована на основі єдиного просторового діаграмоутвореного з поляризаційною інформаційною розв'язкою парціальних спектральних каналів.
- Всі елементи і матеріали конструкції промислово освоєні і доступні українським розробникам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / ред. В.І. Лялько, М.О. Попов. Київ: Наукова думка, 2006 – С. 360.
2. Зубков А.Н., Интегрированные многоспектральные системы геомониторинга. Концепция построения / А.Н. Зубков, И.Н. Прудиус // Сборник научных трудов 3-го Международного радиоэлектронного форума на МРФ – 2008. – Харьков – 2008 – С. 283-286.
3. Зубков А.Н., Многоспектральная адаптивная система локационного мониторинга / А.Н. Зубков, А.В. Дьяков, С.А. Мартыненко, А.П. Красюк // Радиотехника: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. ХНУРЭ: МОиН Украины. – 2011 – № 164, – С.12-16.
4. Зубков А.Н., Аналізатор завадової обстановки для адаптивної багато спектральної системи спостереження/Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця. – 2010 – № 4(91), – С. 68-70.
5. Патент на винахід № 70868А від 30.23.2003 (Україна) Спосіб дистанційного моніторингу земної (водної) поверхні та інтегрована система для його реалізації / А.М. Зубков, І.Н. Прудіус, Л.М. Смеркло // НУ «Львівська політехніка».
6. Зубков А.Н., Интегрированный двухспектральный всепогодный и всесуточный поисково-прицельный комплекс / А.Н. Зубков, В.И. Иванов, Б.М. Казаков // Сборник трудов 4-й Международной конференции. Киев: НТЦ АСВ. – 2000 – С. 200-203.

ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ В ЗАДАЧІ 1-PDP В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Калита Н.І., Паречин В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки
(Україна)

Вступ. В узагальненій проблемі доставки товарів (GPDP - General Pickup and Delivery Problem) необхідно побудувати набір маршрутів, які б задовольнили усі транспортні запити [1]. Є декілька транспортних засобів які можуть виконувати транспортування. Кожен запит на транспортування визначає розмір вантажу, місця розташування вантажу та пункту призначення. Кожен вантаж повинен бути перевезений з його пункту відправлення до його пункту призначення одним транспортним засобом.

PDP (Pickup and Delivery Problem) – GPDP, у якій кожен запит на транспортування складається з одного пункту відправлення та одного пункту призначення. Всі транспортні засоби повинні повернутися в депо. DARP (Dial-a-Ride Problem) являє собою PDP, у якій вантаж або товар, який транспортується, представляють люди. Тому зазвичай говорять про клієнтів або замовників замість запитів на перевезення.

Важливою характеристикою PDP є параметр часу, тобто коли з'являються запити на транспортування. У статичній ситуації всі запити відомі на момент планування маршрутів. У динамічній ситуації деякі запити відомі на момент планування маршрутів, а інші запити стануть відомими у реальному часі під час виконання вже спланованих маршрутів. Отже, в динамічній ситуації, коли новий запит на перевезення стає доступним, принаймні один маршрут потрібно змінити для обслуговування цього запиту [2].

Метою даної роботи є розробка методу та алгоритму побудови маршруту в задачі PDP з використанням одного транспортного засобу в умовах зміни вхідних даних у реальному часі.

Актуальність досліджень. Транспортна галузь швидко розвивається в умовах високої конкуренції. Логістичні компанії з недостатнім обсягом транспортних можливостей змушені робити вибір клієнтів, яких вони можуть ефективно інтегрувати у свої тури. Це особливо актуально на ринку доставки, де вантажі від кількох різних клієнтів можуть переміщуватися на одному транспортному засобі.

Постановка задачі. Формальна постановка задачі має наступний вигляд. Задано простий граф $G(V,E)$, де V – множина вершин, E – множина ребер. Відома вагова функція $f: E \to R$, яка відображає ребро e_i на його вагу r_i. Задані N запитів на транспортування. Позначимо запит як $q_i = (a_i, b_i)$, де a_i – вершина, в якій треба отримати вантаж, b_i – вершина, куди необхідно доставити вантаж; $A = \{a_i\}$ і $B = \{b_i\}$, $i = \overline{1,n}$ відповідно множини вершин, які відповідають пунктам відправлення та пунктам споживання, причому $A \in V, B \in V, A \cap B = \varnothing$. При виконанні запитів, коли вже побудовано деякий оптимальний шлях P^0, з'являються нові запити $q_i^{'} = (a_i^{'}, b_i^{'})$, які потрібно виконати, і це потребує перебудови шляху у реальному часі.

Необхідно знайти оптимальний шлях $P(v_i, v_2, ...v_n)$ на графі $G(V,E)$ такий, що

$$\sum_{i=1}^{n-1} f(v_i, v_{i+1}) \to \min_V \tag{1}$$

та виконуються умови:

$$A \in P, B \in P,\ pos(a_i, P) < pos(b_i, P), \tag{2}$$

де $pos(x_i, P)$ означає позицію вершини x в шляху P.

Результати дослідження. В рамках цього дослідження було розроблено алгоритм для пошуку оптимального шляху в задачі 1-PDP (Single vehicle PDP). Цілями оптимізації є мінімізація витрат або часу на транспортування в залежності від призначення задачі. Розроблений алгоритм є on-line алгоритмом, тобто після побудови оптимального шляху він може бути використаний знову кожного разу, коли з'являється новий запит.

Метод розв'язання задачі складається з двох частин. Спочатку необхідно знайти відстані між усіма пунктами відправлення та доставки. Для цього можна використати, наприклад, алгоритм Флойда-Воршалла [3]. Результатом його застосування до графу P є матриця найкоротших відстаней між вершинами W та матриця K, за допомогою якої можна отримати мінімальний шлях між двома вершинами на графі. Усі вершини шляху з вершини i у вершину j можуть бути знайдені ітеративно $v_1 = i$, $v_2 = k_{i,j}$, $v_3 = k_{v_2 j}$, …, $v_n = k_{v_{n-1},j} = j$. Знаючи відстані між усіма пунктами, ми можемо спростити задачу, побудувавши повний граф $G^{'}(A \cup B, E^{'})$, який складається тільки з вершин a_i, b_i, $i = \overline{1,n}$.

Далі будемо будувати оптимальний шлях між заданими вершинами ітеративно. На першій ітерації додамо перший запит на транспортування до шляху P. Отже, на першій ітерації ми маємо $P = (a_1, b_1)$.

На i- тій ітерації необхідно додати вершини a_i, b_i до шляху P. Знайдемо таку позицію k, що

$$W_{a_i,P_k} + \omega W_{a_i,P_{k-1}} - \omega W_{P_{k-1},P_{k-1}} \to \min_P \tag{3}$$

$$k \in [1, |P|+1], \tag{4}$$

$$\omega = \begin{cases} 1 \text{ для } k \in [2, |P|] \\ 0 \text{ в іншому випадку} \end{cases}. \tag{5}$$

Умова (5) необхідна для покриття випадків, коли ми додаємо вершину у початок або у кінець шляху P.

Після того, як позиція k знайдена, додаємо вершину a_i до шляху P у позицію k. Усі вершини P_i, $i = \overline{k, |P|}$ зміщуються на одну позицію вправо. Тепер знайдемо позицію k_2 для вершини b_i при $k_2 \in [k+1, |P|+1]$ за задачі (3)-(5) та додаємо вершину b_i до шляху P у позицію k_2.

В результаті ми маємо шлях P, який проходить через усі вершини графу $G^{'}(A \cup B, E^{'})$. Цей шлях є оптимальним та задовольняє заданим обмеження. Для того, щоб отримати реальний шлях на графі $G(V,E)$, потрібно трансформувати шлях P, використовуючи матрицю K.

Запропонований алгоритм можна модифікувати та застосувати для вирішення задачі MPDP (Multi-vehicle PDP). Але в цій задачі можна отримати локально оптимальне рішення.

Висновки. В рамках представленого дослідження було проаналізовано підтип GPDP задачі, а саме 1-PDP – знаходження оптимального шляху в реальному часі для одного транспортного засобу, при якому виконуються всі запити на транспортування. Для вирішення даної проблеми запропоновано ітеративний on-line алгоритм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Marc Sol and Martin Savelsbergh. The general pickup and delivery problem. Transportation Science, 29:17 - 29, 02 1995.

2. H Psaraftis, A dynamic programming solution to the single vehicle many to many immediate request dial-a-ride problem, Transportation Science.

3. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms. — 2-е изд. — М.: Вильямс», 2006. — С. 1296.

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НА ОСНОВІ ВАКУУМОВАНОГО МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

Скосар В.Ю., Ворошилов О.С., Комаров С.В.
Інститут транспортних систем і технологій НАН України
(Україна)

Вступ. Магнітолевітаційний транспорт і вакуумований магнітолевітаційний транспорт (типа Hyperloop) класифіковано, як транспорт п'ятого покоління, згідно рівню світових технологічних парадигм [1]. І хоча вакуумований магнітолевітаційний транспорт ще не сконструйовано, вже розпочато розробка його варіанта, як нової космічної технології [2].

Актуальність дослідження. Інноваційну технологію Space Tram, яка призначена для запуска космічних апаратів, і яка використовує вакуумований магнітолевітаційний транспорт, вперше запропонував один з класиків Maglev-технології – Джеймс Пауелл [2]. Така технологія здатна суттєво зменшити вартість виводу корисного вантажу на низьку навколоземну орбіту за рахунок того, що не потрібна велика маса ракетного палива на космічному апараті. Крім того, вважається що така технологія більш екологічна. Але, як вказує науково-технічний аналіз, дана інноваційна технологія має суттєвий недолік – недостатній рівень безпеки при експлуатації. Тому розробка і вдосконалення цієї транспортної технології є актуальним завданням.

Результати досліджень. Спочатку розглянемо особливості зазначеної системи Space Tram. Вона включає до свого складу літальний апарат для виходу в космос, з боків якого розміщені елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації. Зазначені елементи розташовані з боків літального апарату. Літальний апарат може мати додаткові ракетні двигуни для підйому на більш високі орбіти, але вони не є обов'язковими. Повна маса літального апарату 200 Мт, корисне навантаження 70 Мт, габаритні розміри 5 м × 5 м × 30 м, швидкість вильоту з установки 8 км/с. У систему входять також розгінний тунель і розгінна труба для літального апарату, в яких створено частковий вакуум і розміщені елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації. Перевантаження при прискоренні не перевищують 2,5 g. Розгінний тунель довжиною 1600 км розташований на землі, вхід в розгінну трубу також розміщений на землі, а вихід з труби - в стратосфері, на висоті 22 км. На зазначеній висоті атмосферний тиск становить всього 5% від номінального, і сили аеродинамічного опору досить малі. Довжина розгінної труби 281 км, а її фіксація в похилому положенні забезпечена за рахунок зовнішньої системи магнітної левітації, створеної потужними струмами в двох контурах, які складаються з груп 7 надпровідних кабелів. Один такий контур (7 кабелів) розміщений на землі, а інший контур (7 кабелів) зафіксовано безпосередньо над розгінної трубою, вище на 30 м труби, щоб магнітне поле зовнішньої системи магнітної левітації не перевищувало 1000 Гс всередині розгінної труби. Кожен надпровідний кабель може проводити струм величиною до 2,07 МА. Надпровідний кабель являє собою складну конструкцію з надпровідників на базі NbTi і каналом для рідкого гелію, а також алюмінієвої оболонкою. Розгінна труба внутрішнім діаметром 7 м виготовлена з 6 шарів графито-епоксидних стільникових осередків, з площею поверхні менше одного м^2 кожна клітинка, для усунення ризику розгерметизації труби. Елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації розташовані на бічних стінках розгінної труби. Механічна міцність конструкції, яка левітує, в умовах вітру забезпечена за рахунок системи натяжних тросів з міцного, легкого матеріалу, наприклад, кевлара і орієнтованого поліетилену [2].

Однак, у даній оригінальної розробки [2] є серйозні недоліки, пов'язані з її безпекою. Головний недолік – незахищеність установки від електричних розрядів блискавок, які можуть істотно зашкодити і навіть знищити установку, якщо блискавки вразять одночасно

всі сім надпровідних кабелів і виведуть їх з надпровідного стану (рис. 1). Тоді вся конструкція впаде на землю. Крім того, блискавки можуть вивести з ладу або з надпровідного стану елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації (рис. 1). Вірогідність такої аварії дуже велика, оскільки літальний апарат 1 і елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації 2 розташовано на відстані S приблизно 30 м від контуру 3, в якому розташовані надпровідні кабелі 4, тому надпровідні кабелі 4 і елементи 2 не екранують друг друга від блискавок. Розмір L близько 12 м.

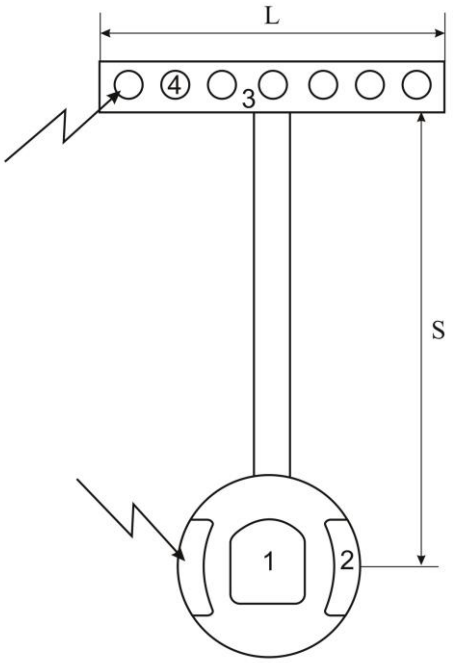


Рисунок 1 – Схема верхньої частини системи Space Tram. Пошкодження від блискавок

Наведемо основні відомості про блискавки. В атмосфері Землі існує глобальний електричній ланцюг, в котрому атмосферна волога (водяні краплі, частинки льоду, сніжинки) формує в хмарах електричні заряди, що призводить до генерації електричного поля поміж хмарами і поверхнею Землі, а також поміж різними рівнями атмосфери, включаючи іоносферу. При цьому поверхня Землі заряджена негативно відносно іоносфери. Це призводить до таких явищ, як блискавки, на висотах до 14 км, а також вище. Величина струму блискавки досягає 100 кА і вище, причому блискавки мають дуже велику руйнуючу силу, оскільки енергія розряду досягає 10^9 Дж і вище [3, 4, 5].

Фахівці Інституту транспортних систем і технологій НАН України на даному етапі запропонували розробку, в якій, по-перше, змінено число і конфігурація розташування надпровідних кабелів 4 зовнішньої системи магнітної левітації. Замість семи запропоновано використовувати вісім кабелів, розташованих симетрично навколо розгінної труби. (І так само збільшиться число надпровідних кабелів на землі). Таким чином можна досягти майже повної компенсації магнітного поля всередині розгінної труби і істотно мінімізувати змінне магнітне поле, яке з'являється при вході і виході з розгінної труби в обсязі літального апарату. Крім того, така конфігурація надпровідних кабелів зводить до нуля ризик одночасного ураження блискавкою всіх кабелів, оскільки одна частина кабелів буде екранувати іншу їх частину. По-друге, для більш надійного захисту надпровідних кабелів 4 основного контуру 3 від блискавок запропоновано закріпити поблизу кожного надпровідного кабелю грозозахисний трос 5, який має заземлення поблизу входу в розгінну трубу. Це сприятиме запобіганню виникнення блискавок або, в крайньому випадку, їх відведення через троси, які захищають від блискавок. В результаті всі елементи 2 розгінної

труби і літального апарату 1 виявляються закриті від ураження блискавками, а надпровідні кабелі 4 також захищено за рахунок тросів 5. В даній розробці контур 3 має форму восьмигранника, причому розмір Z приблизно дорівнює діаметру розгінної труби, тобто 7 м (рис. 2).

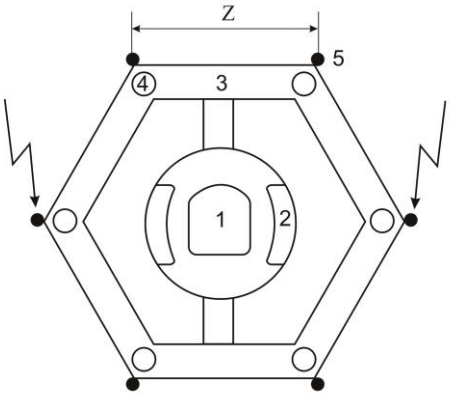


Рисунок 2 – Схема верхньої частини системи Space Tram, яка модернізована авторами. Захист від блискавок

Конструкція верхньої частини системи Space Tram, яка нами запропонована, потребує більшої сили магнітної левітації, оскільки в неї є масивні троси, які захищають від блискавок. Але додатковий надпровідний кабель забезпечує цю додаткову силу левітації. Фізичний механізм, завдяки якому троси 5 захищають від розряду блискавок, засновано на поступовому стіканні атмосферних зарядів через троси завдяки коронному розряду на тросах [6].

Висновки. Наша розробка, в порівнянні з відомою системою Space Tram [2], може забезпечити набагато більш безпечний вивід пілотованих космічних апаратів на орбіту. Це пов'язано з тим, що в даному випадку ми застосовуємо загальний захист всієї установки від атмосферної електрики. Для цього автори модернізували конструкцію верхньої частини системи Space Tram.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розвиток економічних та науково-технічних основ транспорту п’ятого покоління/ Геєць В.М., Волошин О.І., Дзензерський В.О., Никифорук О.І.; НАН України; ДУ «Ін-т екон. та прогнозув. НАН України»; Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України; Інститут транспортних систем і технологій НАН України. – К., 2020. – 254с.

2. Patent 6,311,926 US, Cl[7]. B64F 1/04. Space Tram/ James R. Powell (US), George Maise (US). - 09/558,423, 25.04.2000; 06.11.2001.

3. Мареев Е.А. Достижения и перспективы исследования глобальной электрической цепи / Успехи физических наук, 2010, т.180, №5. – С. 527-534.

4. Смирнов Б.М. Электрический цикл в земной атмосфере / Успехи физических наук, 2014, т.184, №11. – С.1154-1176.

5. Парфенов В.С МКС удалось зафиксировать рождение редчайших голубых джетов и «эльфов» в грозовых облаках (22.01.2021). Режим доступу: https://naked-science.ru/article/physics/s-mks-udalos-zafiksirovat-rozhdenie-redchajshih-golubyh-dzhetov-i-elfov-v-grozovyh-oblakah.

6. Элементарный учебник физики. Под ред. Ландсберга. Т.2., гл.VIII. Электричество и магнетизм. Режим доступу: https://www.twirpx.com/file/2513321.

MIDDLEWARE SERVICE FOR THE INTEGRATION OF CONTROL OF THE AVIATION ENGINE AND AIRCRAFT

Tovkach S.S.
National Aviation University
(Kyiv, Ukraine)

Introduction. During an aircraft designing, the most important tasks can be defined as the choice of the type of engine, the parameters of its working process, dimensions, which are determined, as a rule, by the required thrust-to-weight ratio, as well as the layout of the control system and its location on the aircraft [1-2], which are estimated primarily by the advantages obtained from their mutual integration.

For better adaptation the aviation engine (AE) characteristics to the tasks solved by the aircraft in flight, it is necessary to integrate control systems. Integrated control systems are especially effective for the control systems of modern multi-mode aircraft. On the basis of such systems, optimal control programs for the control system are formed using the criteria for estimation the effectiveness of the aircraft.

As a result, the main task of the automatic control system (ACS) is formed, which boils down to the maximum adaptation of the thrust and economic characteristics and the engine stability reserves to the needs of the aircraft. The optimal control program for the AE is a program for changing the controlled parameters of the engine, air intake and jet nozzle, in which the selected criterion of optimality reaches an extreme value.

Thus, blowing out thin flat jets of air through slots in the area of the trailing edges of the cantilever part of the wing (jet flaps) or on the upper surface of the wing in the area of mechanical flaps allows, due to the effect of supercirculation and deflection downward from the axial direction of the air jets, to increase the lift of the wing and, thus, improve the takeoff and landing and maneuverability of the aircraft. Investigations [1-3,7] show that with numbers $M < 0{,}5...0{,}7$ the increase in lifting force can reach $20\ldots30\%$.

An investigation [1-7] of the engine by Boeing, Pratt & Whitney and Rolls Royce showed that the creation of an aircraft-aviation engine-fuel system will significantly improve fuel efficiency, reliability and flight safety.

Aviation Engine Efficiency of High-Speed Aircraft. For choosing the type and parameters of engines and control systems of high-speed aircraft, the type of engine and its position scheme on the aircraft, the used type of fuel, the influence of the control system and fuel on the scheme, the volumetric layout and aerodynamic characteristics of the aircraft, etc. should be taken into account [4]. A schematic diagram of such investigations is shown in fig.1.

The choice of parameters and the estimation of the efficiency of the AE are made on the basis of a system approach, when the engine and the power plant are considered as subsystems of a higher level complex. To solve the problems of multi-parameter optimization, complex mathematical models of the entire system, consisting of aircraft and control systems, are developed, taking into account the properties of the fuels used. The indicators of the functional efficiency of the aircraft are used as criteria for the selection of parameters and the formation of the technical appearance of the AE. In the considered investigation, the aviation engine is represented by its effective characteristics, obtained from the conditions for considering the joint operation of the elements, and the specific mass characteristics, and the aircraft is represented by the volumetric layout, aerodynamic and specific mass characteristics of the glider. The flight is performed according to a given or optimized program.

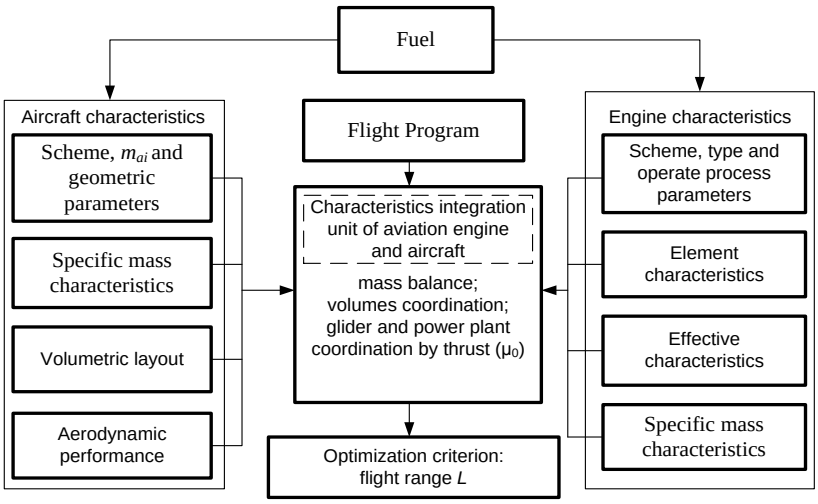


Figure 1 – Investigation of the efficiency of aviation engine of a high-speed aircraft [4]

The integration of the aviation engine and the aircraft is carried out on the basis of the conditions for ensuring the mass balance, volumetric layout and starting thrust-to-weight ratio. The practical flight range L is considered as an efficiency criterion. These conditions allow for the interconnection of quantitative indicators of the entire system.

The mathematical models of engines [5] (from the inlet to the compressor or to the combustion chamber and to the throat section of the jet nozzle) are based on methods traditional for the theory of aviation engines, but taking into account the real properties of the gas, dissociation and uneven flow at the inlet.

In parallel with the mathematical model of the engine to determine the effective traction and economic characteristics of an aviation engine, a technique for calculating the mass and size characteristics of engines and all other elements should be developed [6]. Such techniques can be created on the basis of draft design, taking into account statistical data on completed and designed structures.

In combined power plants (PP), engines of various types can be considered, for example, TLP with a parallel or sequential (tandem) arrangement of circuits, turbofan and ramjet engines and steam-hydrogen rocket-turbine engines (RTEsh) of several types, the parameters of the working process of which are optimized based on the conditions $L_{\max}$ for a typical flight program (fig. 2).

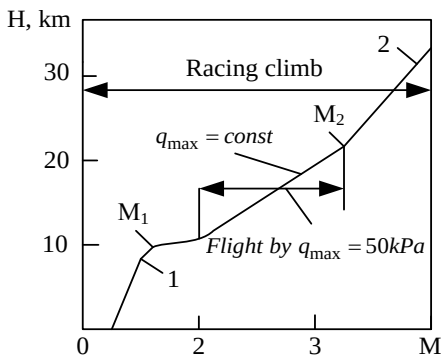


Figure 2 – Typical hypersonic flight program: 1 is subsonic cruise; 2 is hypersonic cruise flight [4]

Middleware Service. For creation the information systems (IS) of aviation engine (AE) and aircraft, it is necessary to use ready-made software platforms for group work that already have powerful tools for multi-platform software development in their arsenal, ready-made technologies for deploying and managing the security subsystem.

Control programs (flight programs) must perform a number of sequential steps before each call to the integration central unit:

1) determine the number of physical databases and their names installed on the integration central unit;

2) determine the ability to access each database separately;

3) execute the corresponding query for each database;

4) process and fill in the received response; (repeat steps 2-4 for each database; add up the accumulated responses and process them as a single package of information).

For effectively solve such a problem, it is necessary to use special middleware services, that is a general-purpose service that sits between platforms and applications of distributed system of aviation engine and aircraft (fig. 3). By platform, can be meant a set of low-level services and processing elements defined by a pair of processor architecture and operating system APIs such as Intel x86 and Win32, Sun SPARCstation and SunOS, IBM and AIX, Alpha AXP.

Middlware integrated environment is a programming environment that is designed to simplify the development and management of applications for the specialized application domain (fig. 3). An Integrated Environment (IE) is defined by an application programming interface, user interface, and toolkit. In addition to middleware services that an IE imports from other products, it can also include its own services. These are the so-called transaction monitors (IBM CICS, BEA Systems Tuxedo, Transarc Encina), fourth generation languages (Uniface, Cognos and Focus), CAD systems (Mentor Graphics Falcon, DEC Powerframe), CASE systems (HP SoftBench, Texas Instrument Composer), and distributed resource management systems of aviation engine and aircraft.

During the organization of the interaction of information systems (α_1 and α_2), it is required to implement the rules for mutual data conversion [3,7]:

$$\Omega = \begin{cases} \psi\ \alpha_1 \Rightarrow \alpha_2 \\ \psi\ \alpha_2 \Rightarrow \alpha_1 \end{cases} \tag{1}$$

where Ω is the space of conversion rules; $\Psi\ \alpha_i \Rightarrow \alpha_j$ is the rule of conversion from one information system to another, $i, j = 1,2, i \neq j$.

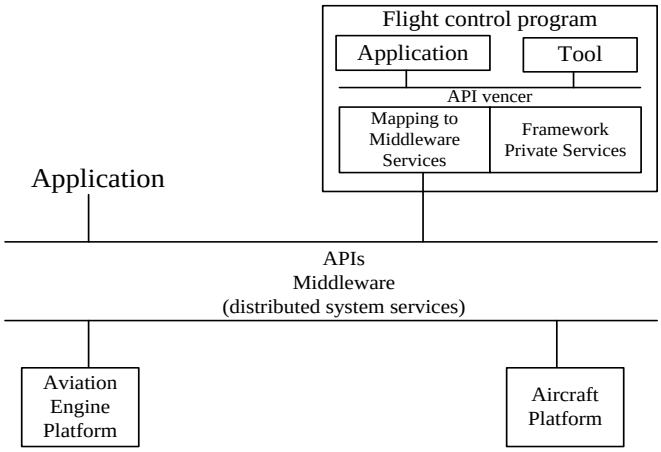


Figure 3 – Middleware integrated environment

Each rule for converting an information system contains many corrections for converting individual objects:

$$\Psi\ \alpha_i \Rightarrow \alpha_j = \begin{cases} Y_1(\omega_1\ \alpha_1 \mapsto \omega_1 \alpha_2); \\ Y_2(\omega_2\ \alpha_1 \mapsto \omega_2 \alpha_2); \\ \ldots \\ Y_n(\omega_n\ \alpha_1 \mapsto \omega_n \alpha_2), \end{cases} \tag{2}$$

where $\omega_1 \alpha_i ... \omega_n \alpha_j$ are the objects of the information system for which the conversion rules are determined; $Y_1 ... Y_n$ is conversion rule for a separate object, $i, j = 1,2, i \neq j$.

During the organization of the information interaction between n information systems, it is required to determine a total $n^2 - n$ of conversion rules Ω, while the total number of object conversion rules Ψ cannot be calculated.

Conclusion. The analysis of the scheme, parameters and appearance of the engine are determined according to the relevant criteria for the efficiency of the aircraft based on the use of multi-parameter optimization methods. The development of mathematical models for optimization studies is based on the use of characteristics of aviation engine elements obtained experimentally, as well as on the basis of simplified (one-dimensional) methods for their calculation. Computer technologies are becoming more widespread for 2D and 3D modeling and calculation of the characteristics of aviation engine elements for an aircraft of a given intended purpose.

Taking into account the peculiarities of information resources and services of automated control systems for aviation engines and aircraft, consisting in ultra-high volumes of information arrays, their distributed nature, heterogeneity and different conditions of maintenance, control and access policy, one of the key tasks for achieving the functional properties of qualitatively improved versions of information systems the next generation should include:

- the need to use ready-made software platforms for group work with powerful tools already in their arsenal for multi-platform software development, ready-made technologies for deploying and managing security subsystems;
- the use of common Middleware services, which allows the Spiral Model evolutionary method to be applied to introduce new versions of the information system by replacing basic services with new versions with a decrease in their unit cost;
- implementation of the possibilities of information exchange between functional subsystems by integrating heterogeneous information flows on the basis of bringing them to a single universal presentation format.

Large aviation organizations already rely on middleware, the trend towards simplifying middleware and expanding its functionality in aircraft and aircraft engine applications will make this dependence even stronger.

REFERENCES

1. Solonin V.I., Palkin V.A., «Razrabotka SShA tekhnolohyi sozdanyia dvyhatelei shestoho pokolenyia dlia boevoi avyatsyy», Engine, vol 4, issue 94, 2014, pp 2-7 (in Russian).

2. Allan Seabridge, Ian Moir, «Design and Development of Aircraft Systems», Wiley; 3rd Edition, 2020, p. 400. ISBN-13: 978-1119611509.

3. Letha Hughes Etzkorn, «Introduction to Middleware: Web Services, Object Components, and Cloud Computing», Chapman and Hall/CRC, 2017, p. 688. ISBN-13: 978-1498754071.

4. Zugai Marcin, «Reconfiguration of Unmanned Aircraft Control Systems», Transactions on Aerospace Research, vol 2017, issue 2, 2017, pp. 80. DOI: 10.2478/tar-2017-0017.

5. Yuliana Wirma, Anita Maharani, Zainur Hidayah, «Indonesia's Civil Servants' Performance at Aviation Engineering: Exploration Study», Integrated Journal of usiness and Economics, vol 4, issue 2, 2020, pp 160. DOI: 10.33019/ijbe.v4i2.279.

6. Naser Er. F. Ab., Bhardwaj A.K., «Important Pitot Static System in Aircraft Control System», American Journal of Engineering Research vol 03, isuue 10, 2014, pp. 138. e-ISSN: 2320-0847.

7. Lukai Mao, Xu Xianlian, «Design on four-axis aircraft control system based on Somatosensory interaction», IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2019, pp. 042052. DOI: 10.1088/1757-899x/569/4/042052.

УЧЕТ РЯДА ФАКТОРОВ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ СКОРОСТИ БУКСИРОВКИ

Чернявський М.Д.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

В руководствах судоходных компаний неоднозначны рекомендации относительно назначения скорости буксировки и скорости движения аварийного судна в ситуации «Flooding». В данной статье рассмотрены некоторые обстоятельства, которые помогут облегчить принятие решения и привести к благоприятному исходу. Вопросы касаются отдельных положений гидромеханики, прочности, но не рассматриваются вопросы, связанные с ограничением буксировки на волнении, которое зачастую являются причиной многих аварий.

Аварийная ситуация может проявиться в рейсе из-за нарушения непроницаемости корпуса в связи с износом обшивки корпуса или проявлением дефектов из-за технологических причин при сварке днищевых и бортовых перекрытий. Известен случай, когда из-за «подреза» сварных швов в днищевых перекрытиях одно из судов утонуло, а второе удалось спасти и отбуксировать в порт. Небольшие рефрижераторные теплоходы длиной около 20 м без двойного дна были построены для речного плавания и имели толщины корпуса около 5 мм. Эти два судна в кильватерной связке планировал отбуксировать морской буксир до устья реки Колымы. При буксировке этих рефрижераторов в море Лаптевых при встрече с высотой волны в 2-3 метра одно из судов утонуло, второе судно после ряда мероприятий по спасанию удалось на буксире доставить в порт Тикси. Для данной ситуации следует рассмотреть ряд положений и сделать выводы на основе простых положений гидромеханики относительно распределения давления по длине корпуса и влияние этих факторов на интенсивность поступления воды в трюмы и машинное отделение.

В суммарном силовом воздействии воды на корпус решающую роль играют силы волновой природы. И если силы волновой природы могут быть смоделированы, то силы вязкости обычно рассчитывают для судна методами теории пограничного слоя. Понятие «пограничный слой» позволяет значительно упростить уравнения динамики вязкой жидкости, описывающие в общем случае как ламинарное, так и турбулентное обтекание тела [1]. Если число Рейнольдса начинает расти за счет увеличения скорости потока, тогда на некотором расстоянии от носа корпуса ламинарный пограничный слой, как показывает опыт, потеряет устойчивость и перейдет в турбулентный. Это произойдет в том месте, где число Рейнольдса достигнет критического значения. Зона перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный достаточно узка, и ее положение можно оценить равенством

$$\mathrm{Re}_{кр} = \frac{v \cdot x_{кр}}{\tau}, \qquad (1)$$

где $x_{кр}$ – абсцисса точки перехода;
v - скорость движения,
τ - коэффициент кинематической вязкости.

При учете кинематической вязкости принимают следующие значения для воды в зависимости от температуры: при 0° - 178м^2/сек; при 20° - 100 м^2/сек; при 50° - 56 м^2/сек.

Если рассмотреть движение некоторой жидкой частицы внутри пограничного слоя [1] по потоку вдоль поверхности, то благодаря вязкости движение частицы все время подтормаживается, и скорость ее снижается, по сравнению со скоростью внешнего потока. В носовой части эпюра скорости имеет вид обычной параболы, показанной на рисунке 1

а). Давление в носовой оконечности падает по мере приближения к миделю, а затем возрастает в направлении кормовой оконечности. В вязкой жидкости приближено можно считать, что характер распределения давления вдоль корпуса будет таким же при ламинарном и турбулентном течении в слое.

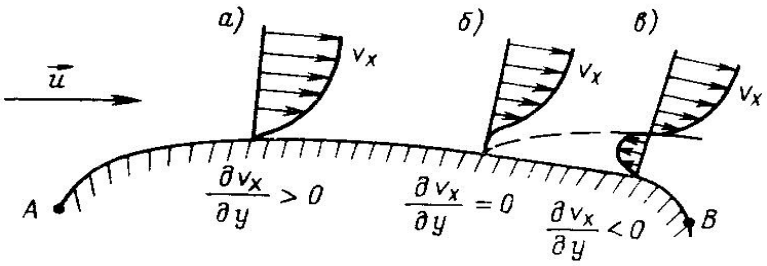


Рисунок 1 – Профили скорости в пограничном слое вдоль криволинейной поверхности

Пройдя мидель и попав в область повышающегося давления, частица начинает подтормаживаться еще и за счет силы давления. В результате в некоторой точке вблизи поверхности скорость частицы обратится в нуль, так что ее градиент по нормали к поверхности тоже станет равным нулю (dv_x/dy=0) и эпюра скорости представлена на рисунке 1 б). Еще дальше в корму, в области максимального положительного градиента давления, под влиянием сил давления и трения частица приобретает тенденцию двигаться навстречу основному потоку, которая быстро снижается по мере удаления от поверхности. В итоге эпюра скорости имеет вид петли, рисунок 1 в). Если рассматриваемую частицу представить в виде перегиба петли, то окажется, что скорости на верхней и нижней гранях направлены в противоположные стороны, что неизбежно приведет к ее вращению. Таким образом, в кормовой части возникают вихри. Силы инерции из-за вихрей среды в пограничном слое сказываются на процессе проникновения воды через отверстия в днище и бортах корпуса судна.

При продольном движении удлиненных тел вязкость мало влияет на величину давления, что позволяет применять интегралы уравнения Бернулли [2]. В гидромеханике представляет интерес не само давление p, а разность между ним и давлением в невозмущенном потоке p_0, которая характеризует избыточное гидродинамическое давление

$$p - p_0 = \frac{\rho \cdot v_\infty^2}{2}\left|1 - \left(\frac{v}{v_\infty}\right)^2\right|. \qquad (2)$$

Уравнение (2) задает закон изменения избыточного давления вдоль линии тока в зависимости от скорости. В безразмерном виде, если разделить обе части на скоростной напор набегающего потока $\rho \cdot v_\infty^2 / 2$, получим безразмерную величину, называемую коэффициентом давления - p. Выясним основные свойства этого коэффициента, равного отношению избыточного давления к скоростному напору набегающего потока. Выражение (правая его часть) не содержит плотности жидкости ρ. Отсюда следует, что коэффициент давления не зависит от рода жидкости.

Установим характер распределения коэффициента давления (рис.2) вдоль линии тока AK_1BK_2D. По мере передвижения частицы жидкости из бесконечности к телу ее скорость непрерывно уменьшается; соответственно увеличивается *p,* как показано на рис. 2. В точке К1 носовой оконечности, где происходит разветвление линий тока, скорость жидкости v=0. Линия тока в этой точке подходит нормально к телу; скорость частицы жидкости, направленная по линии тока, в силу условия непротекания должна равняться нулю.

Точки в потоке, в которых скорость обращается в нуль, называются критическими. В критической точке p = 1. Далее вдоль поверхности тела скорость потока возрастает. В

какой-то точке *L* на теле скорость жидкости будет равна скорости набегающего потока и коэффициент давления обратится в нуль р =0. За этой точкой в районе максимальной толщины тела, где стеснение потока наибольшее, располагается область, в которой скорости жидкости больше скоростей набегающего потока. В зоне, где скорости $V > V_\infty$ коэффициент давления отрицателен р ≤ О. Избыточное давление *(P-Po)* в этой зоне отрицательно, т. е. это зона разрежения, которая охватывает цилиндрическую часть корпуса судна. Подчеркнем, что абсолютное давление *P* в зоне разрежения всегда больше нуля. В точках за максимальным сечением тела скорость начинает уменьшаться, а р увеличиваться. В точке К2 кормовой оконечности тела происходит соединение линий тока, идущих по нижней и верхней поверхностям тела. Такой характер распределения давления вдоль поверхности тела соответствует данным опытов по изучению обтекания тел в жидкости.

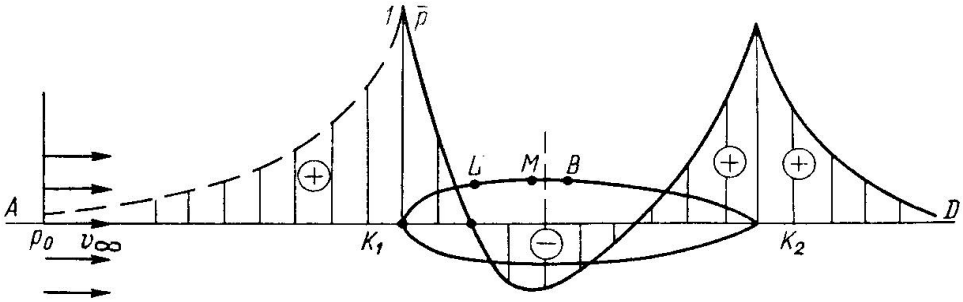


Рисунок 2 – Характер распределения давления вдоль криволинейной поверхности

Падение давления в средней части корпуса приводит к падению нагрузки на пластины перекрытий днищевой обшивки. По своим характеристикам они могут иметь разные прочностные составляющие и при наличии трещин в обшивке уменьшается расхождение кромок поврежденных поверхностей, т.е. уменьшается площадь сечения отверстий для проникновения воды. Одновременно вихревые потоки препятствуют образованию устойчивых струй в направлении проникновения в корпус.

Для оценки скорости поступления воды в аварийные отсеки рассмотрим движение потока вязкой жидкости при её поступлении из отверстий в тонкой стенке [2].

Поступление жидкости через отверстие в тонкой обшивке трюма или днища происходит так, что струя сжимается, и площадь ее живого сечения S_c на небольшом расстоянии от плоскости отверстия становится меньше отверстия S. В этом случае значения коэффициентов сжатия для небольших отверстий составляют ε= 0,60-:-0,64.

Расчетная формула для определения расхода жидкости через отверстие в стенке [2] имеет вид

$$Q = \mu \cdot S\sqrt{2g(h + \frac{p - p_0}{\rho})} \tag{3}$$

где μ- коэффициент расхода данного отверстия (определяется экспериментально и для небольших круглых и квадратных отверстий принимается равным μ=0,62);
S – площадь отверстия в днище или борту, м^2;
g – ускорение свободного падения, м/с^2;
h - глубина погружения оси отверстия под поверхностью жидкости, м;
p – давление на поверхность днища или борта;
p_0 - давление на поверхность жидкости отсека заполнения;
ρ – удельный вес, для морской воды ρ= 10000 Н/м^3 или 1025 кг/ м^3.

По формулам (2) и (3) выполнены расчеты для оценки изменения интенсивности поступления воды в корпус через щелевое отверстие в днище. Рассмотрены варианты для состояния покоя и при переходе к скоростям 6 и 12 узлов. Особый интерес вызвали расчеты по проникновению воды при увеличении скорости движения с 6 узлов до 11 узлов, они

показывают уменьшение интенсивности поступления воды внутрь корпуса примерно в 2 раза. Расчеты выполнены при допущении, что скорость потока у поверхности обтекаемого корпус в районе днища уменьшилась на 40-50%. Следует принять во внимание, что не приняты во внимание уменьшение проходных сечений отверстий в корпусе из-за выпрямления пластин при уменьшении местного давления в данном районе обшивки.

Рассмотренные положения не являются исчерпывающим освещением данных проблем, они основаны на практических наблюдениях. Как корабельный инженер автор участвовал в спасении рефрижератора и затем руководил буксировкой рефрижератора.

В течение 16 часов с определенной периодичностью контролировал поступление воды в корпус. Во время буксировки судна со скоростью 6 узлов и, особенно, при остановке судна для контроля имелась возможность оценки поступлении воды в корпус. Можно было визуально наблюдать более интенсивное поступление воды через щели в днищевой обшивке в местах примыкания шпангоутов, буксиру приходилось дополнительно подключать аварийные водопогружные насосы, что приводило к задержке перехода. После принятия решения об увеличении заданной скорости буксировки с 6 до 11 узлов. сократили время подхода в порт-убежище и избежали дальнейшего усугубления состояния рефрижератора в условиях развивавшегося усиления ветра и волнения при подходе к бухте.

Выводы. Вопросы, поднятые в данной публикации, требуют дальнейшего развития с привлечением современных средств гидродинамического моделирования и теории прочности судовых конструкций. Следует проследить более подробно влияние вязкости на проникновение воды в щелевидные отверстия корпуса для разных форм и размеров. Следует оценивать влияние на водонепроницаемость положения проблемного участка по длине корпуса для разных скоростей движения судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луговский В.В. Гидродинамика. – Л.: Судостроение, 1990. – 192 с.
2. Федяевский К.К., Войткунский Я.И., Фадеев Ю.И. Гидромеханика, - Л.: Судостроение, 1968. – 568 с.

СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКРИТТЯ ВВШ УКРАЇНИ БАЗОВИМИ СТАНЦІЯМИ АІС

Голіков А.О., Олійник Ю.О.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

З метою підвищення рівня безпеки навігації на внутрішніх водних шляхах України, необхідно провести аналіз ефективності покриття наявних базових станцій АІС.

Базові станції є частиною мережі АІС. Апаратура АІС складається з наступних приладів:

Приймач класу А (передає дані з більшою потужністю УКХ сигналу, ніж приймачі класу В, є обов'язковим для всіх суден водотоннажністю понад 300 тонн брутто на міжнародних рейсах);

Приймач класу Б (передає дані з меншою потужністю сигналу та з меншою швидкістю передачі даних, ніж приймачі класу А);

Станції АІС для внутрішнього судноплавства (використовуються системами управління рухом суден для моніторингу та контролю передач приймачів АІС);

Приймач засобів навігаційного обладнання, ЗНО;

Приймач АІС (отримує передачі від приймачів класу А, класу В, ЗНО та базових станцій АІС, але не передає ніякої інформації про судно, на якому вони встановлені);

AIS-SART (передавач автоматичної ідентифікаційної системи для пошуку та порятунку).

Берегове обладнання АІС призначене для моніторингу суден, задання в зоні відповідальності необхідних режимів роботи АІС класу А, В і засобів навігаційного обладнання (AtoN). АІС всіх модифікацій має доступ до VDM (Vortex Data Message) за допомогою FATDMA (Fixed Time Division Multiple Access) та RATDMA (Random Access Time Division Multiple Access) відповідно до рекомендацій ITU-R M.1371-1, IALA A-124 і може працювати в залежному (використовується в прибережному районі під управлінням базової станції) та незалежному режимі (використовується як у відкритому морі, так і в прибережних районах), самостійно та в дубльованій конфігурації.

Системи регулювання руху суден України, обладнані апаратурою «Транзас Т214», яка є ведучим виробником цього обладнання у світі. Гнучкість та модульність системи «Транзас AIS Network» дозволяють створювати системи будь-якого масштабу – від локальних до національних і виконувати їх модернізацію в майбутньому без значних витрат.

Програмний продукт «Річкова Інформаційна Система» (РІС) виробництва Групи «Транзас» був розроблений спеціально для забезпечення безпечної навігації на внутрішніх водних шляхах. Система надає широкі можливості планування руху суден по річках та прибережних водах, роблячи, таким чином, вагомий внесок у процес ефективного використання внутрішніх водних шляхів. Базова станція АІС Т214 може використовуватися як сенсор АІС в берегових системах забезпечення безпеки мореплавання на морських акваторіях та внутрішніх водних шляхах. Станція повністю сумісна з програмними комплексами СУРС (Navi-Harbour), мережами АІС (Transas AIS Network, TrAN Viewer) та іншими системами виробництва Групи «Транзас».

Функціональні можливості берегових АІС:

- автоматична ідентифікація суден;
- передача координат і часу UTC (повідомлення 4);
- видача даних (VDM), прийнятих з радіоканалу від об'єктів АІС, для відображення на ПК (або на дисплеї АІС);

- управління режимами роботи суднових АІС класу А та В, АІС засобів навігаційного обладнання (задає повідомленнями 22 та 23: регіон, частоти, потужність випромінювання, слоти, інтервали передач повідомлень 1, 18, 21);
- передача інформації від імені AtoN (віртуальних і синтетичних);
- обмін даними з іншими об'єктами АІС відповідно до встановлених стандартів (прийом / передача статистичної інформації, прийом динамічної, рейсової та текстової інформації від суден);
- передача та прийом бінарних повідомлень (6, 8); повідомлень, що стосуються безпеки судноплавства (12, 14), прийом повідомлення 9 від повітряних суден (SAR);
- видача інформації про працездатність та режим роботи обладнання;
- прийом по радіомаяковому каналу диференціальних поправок GPS (Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM) та передача їх в каналі УКХ (повідомлення 17);
- передача метеорологічних даних (опція);
- передача даних про цілі, не обладнаних АІС.

Коло берегових станцій в Україні спроектовано таким чином, щоб забезпечити максимальне покриття прибережних морських вод, акваторій портів та підходів до них робочими зонами. В окремому випадку, ланцюг берегових станцій може складатися з однієї базової станції, яка встановлюється в невеликому порту, розташованому на малоосвоєному узбережжі з низькою інтенсивністю судноплавства. У більшості випадків ланцюг берегових станцій складається з декількох базових станцій та репітерів, що перекривають робочими зонами ділянку узбережжя протяжністю 60 – 300 та більше миль.

Радіус дії берегових станцій (в режимі «судно – берег») при висоті встановлення антен від 100 до 250 м складає 30 – 45 миль та значно перевищує радіус дії суднових станцій (в режимі «судно – судно»). Отже, в радіусі дії берегової станції можуть виявитися судна (або групи суден), які не мають «радіоконтакту» один з одним і вибирають для передачі своїх повідомлень ті ж самі слоти. Крім того, в районах інтенсивного судноплавства при перевантаженні каналу зв'язку АІС суднові станції частину своїх повідомлень передають у слотах, де також передають повідомлення найбільш віддалені суднові станції. В цьому випадку берегова станція приймає накладені один на одного повідомлення, таким чином частина інформації від суден втрачається. Чим більше радіус дії базової станції та вище інтенсивність судноплавства, тим більша ймовірність такої ситуації.

Дальність дії станцій АІС можна розрахувати згідно з наступною формулою:

$$R = k \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (1)$$

де R – максимальна дальність поширення радіохвиль в кілометрах (без урахування рефракції);

h_1, h_2 – висота над землею приймальної та передавальної антени в метрах;

k – коефіцієнт, що враховує рефракцію, береться в межах 3,6 – 4,2 (при розрахунку дальності прямої видимості без урахування рефракції дорівнює 3,57).

Для запобігання втрати інформації береговими службами в районах інтенсивного судноплавства, ланцюг берегових станцій необхідно конфігурувати з використанням наступних заходів або їх комбінацій:

- Не обмежувати радіус дії берегових станцій шляхом встановлення антен на порівняно невеликій висоті;
- Розташовувати берегові станції зі значним (до 50%) перекриттям зон дії з відповідним збільшенням числа станцій;
- Ділянки акваторії з найбільш інтенсивним судноплавством одночасно перекривати робочими зонами 2 – 3 берегових станцій;
- На частині берегових станцій застосовувати направлені антени, що забезпечують роботу станцій в заданому секторі;

- На одному об'єкті встановлювати дві базові станції, що працюють в суміжних секторах;
- Використовувати комбінацію зі збільшеного числа станцій, що працюють тільки на прийом (з невеликим радіусом дії або в заданому секторі) та меншого числа станцій зі збільшеним радіусом дії, що працюють на передачу.

Аналіз навігаційних умов плавання суден на ВВШ України у порівнянні з рекомендаціями ЄЕК ООН і МАМС показав, що в Україні для приведення умов плавання до вимог сучасності необхідно провести зміни до нормативної бази, а саме взяти за основу документ ЄПСВВШ і з урахуванням місцевих особливостей прийняти новий документ, який дозволить підвищити ефективність роботи на ВВШ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Recommendation ITU-R M.1371-1. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1371-1-200108-S!!PDF-E.pdf.
2. R0124 THE AIS SERVICE (A-124). URL: https://www.iala-aism.org/product/ais-service-main-document-a-124/Transas AIS Network. URL: https://www.transas.com.ua/ services/shorebased/AIS-Network/.
3. Felski A., Jaskolski K. Analysis of AIS availability. Polish Naval Academy, 2012. 6 p.
4. Застосування на суднових станціях автоматичних ідентифікаційних систем. URL: http://ukrefs.com.ua/print:page,1,155121-Primenenie-na-sudovyh-stanciyah-avtomaticheskih- identifikacionnyh-sistem.html.

ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОЙ БУКСИРОВКИ СУДОВ ЛАГОМ

Золотаренко В.Ф., Бескровный В.А.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Буксировка судов – это передвижение безмоторных плавсредств или плавсредств с остановленными движителями в том числе и аварийных судов, посредством буксирного или другого судна. Как правило, исполняется буксирными судами, а также буксирами-спасателями.

Караван буксирующих судов с буксируемыми называют буксирным, а буксирным составом – несамоходную часть каравана, т. е. буксируемые объекты.

По району плавания различают буксировки:

- морские дальние – между портами, расположенными на разных морях и океанах;
- морские ближние – между портами одного морского бассейна;
- рейдовые – связаны обычно с разгрузкой судов на открытых рейдах или вводом больших судов в порт;
- портовые – осуществляются в пределах портовой акватории в целях транспортировки судов и портовых средств;
- речные - осуществляются в реках;
- канальные – передвижение судов по каналам.

Виды буксировок. Буксировка судов в море может быть разделена на следующие виды:

1) буксировка за кормой на буксирном канате;
2) буксировка борт о борт (лагом);
3) буксировка толканием.

Из этих трех видов буксировки только буксировка за кормой на буксирном канате может быть применена для буксировки в открытом море, где может возникнуть необходимость работать на волнении.

Буксировка борт о борт или лагом может быть осуществлена в закрытых водах, когда нет достаточного места для буксировки на буксирном канате за кормой, и в тех случаях, когда нет на море волнения. Даже при малом волнении суда сильно повреждают друг друга. Расположение буксирующего судна сбоку от буксируемого дает хорошую управляемость обоим судам, так как оба судна могут рассматриваться, как одно судно двухвинтовое , у которого один винт вышел из строя.

Такой вид буксировки позволяет работать внутри гавани (рейдовые и портовые буксировки, речные и канальные), т.е. в ограниченных пространствах, где требуется постоянный контроль. Буксирный и набедренный буксир может быть собран как с левого, так и с правого борта буксира. Существуют различные способы изготовления набедренных жгутов однако чаще всего используются швартовые устройства обеих судов и швартовных тросов, как правил, стальных. Буксир подходит к борту буксируемого судна, заводит швартовы, имея буксируемое судно ошвартованным лагом.

При подготовке к буксировке лагом очень важно как можно туже обтянуть швартовы и предотвратить или смягчить удары судов друг с другом.

Буксир должен располагаться близко к корме буксируемого судна (баржи) так, чтобы корма буксира выступала за корму баржи. Чем дальше вперед буксир располагается, тем хуже буксиру управлять комбинированным агрегатом (составом).

Для обеспечения проводки судна с буксирами необходимо одновременно учитывать значительное количество разнообразных параметров.

Начальные условия этого процесса включают информацию:

- тип судна,

- его водоизмещение,
- осадка и посадка,
- ширина и длина;
- начальное состояние судна;
- положение руля (рулей),
- площадь парусности судна и
- положение центра тяжести буксируемого судна

Важно понимать влияние точки поворота (pivodpoint) судна или любого буксируемого состава. Это поможет капитану буксира понять, как буксируемый состав будет управляться в разных ситуациях.

Для реальных вычислений рассмотрим реальные суда с характеристиками:

Буксир с одним винтом и одним рулем используется для буксировки баржи ящичной формы (boxbarge). Буксир с фиксированным шагом винта диаметром(*Dp*) 1,8 метра и его оборотами (n) 300 об/мин, развивает мощность 1000 квт. Площадь пера руля 4 кв.м.

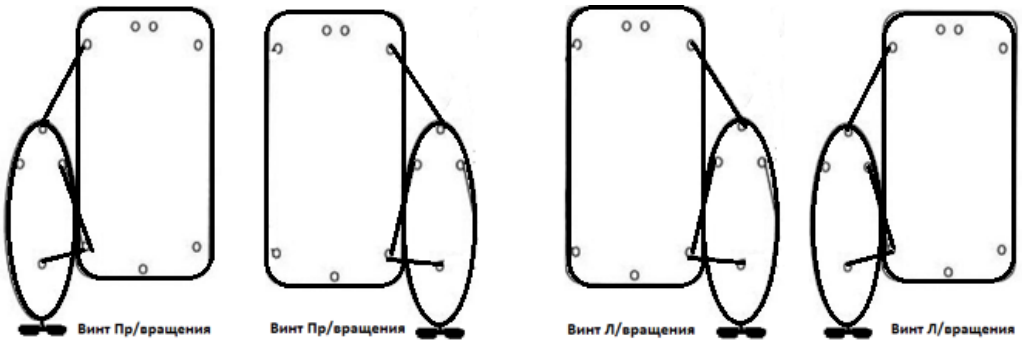
Линейные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Главные размерения буксира и баржи (boxbarge)

	Буксир(tug)	Баржа (boxbarge)
Длина максимальная, LOA (m)	40,0	60,96
Длина между перпендикулярами, LBP (m)	39,5	60,96
Ширина, *B*(m)	9,0	10,67
Осадка, *d* (m)	2,2	2,74
Объемное водоизмещение, V (m.cu)	494,7	1646,2
Положение центра тяжести по длине от кормового перпендикуляра, LCG (m)	21,98	29,44
Коэффициент общей полноты, *С*в	0,633	0,924
Коэффициент полноты мидельшпангоута,β	0,956	0,985

Судно, баржа или буксируемый состав, сцеплен как однородный плавающий объект, остановленный на воде без приложения внешних сил, будет иметь точку поворота, которая совпадает с центром плавучести, которая находится примерно на миделе.

Четыре различных варианта систем буксировки борт о борт (лагом)представлены на рис. 1.



№1-Пр/б-Пр/вр №2-Л/б-Пр/вр №3-Л/б-Л/вр №4 -Пр/б-Л/вр

Рисунок 1 – Нумерация способов бускировки лагом одновинтовым буксиром

Рассмотрим лучший вариан швартовки и составления системы для лучшей управляемости состава. Рассмотрим вариант №2 – буксир ошвартован к барже левым бортом, при этом буксир одновинтовой с винтом правого вращения.

Управляемость системы судов в жесткой сцепке состоит из свойств поворотливости и устойчивости на курсе. Здесь рассмотрим характеристику поворотливости. Поворот судна, как правило, происходит за счет отклонения руля и перекладки его на некоторый угол (α) , т.е. нарушение системы обтекания в данном случае сцепки баржи и буксира.

Поворот такой жесткой системы(баржа+буксировщик) происходит вокруг точки поворота (полюса поворота), который расположен на линии соединяющей центры тяжести двух судов Gb-баржи и Gt-буксира в горизонтальной плоскости x-урис.2-Силы и моменты системы.

В общем случае ц.т. (центром масс) системы в горизонтальной плоскости, рисунок 2, называется точка G с координатами[2]:

$$xo = \frac{m1*x1+m2*x2+\cdots+mn*xn}{m1+m2+\cdots+mn};\ \text{yo} = \frac{m1*y1+m2*y2+\cdots+mn*yn}{m1+m2+\cdots+mn}. \quad (1)$$

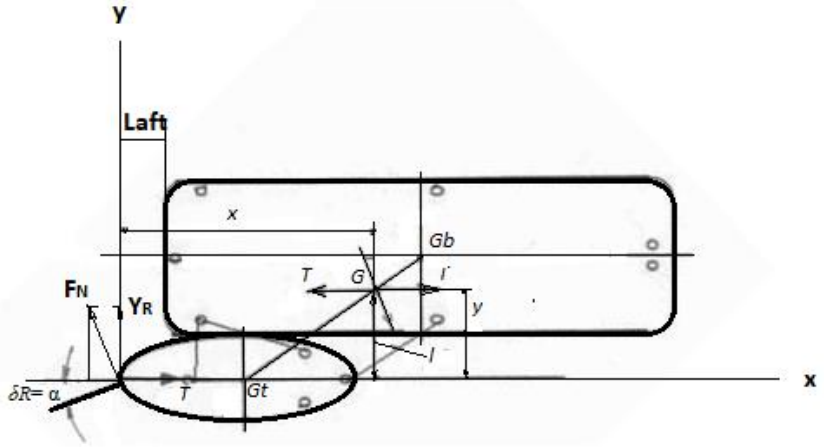


Рисунок 2 – Графическое изображение расположения сил относительно центра тяжести

Применительно к системе двух судов, как жесткой сцепке, координаты равны:

$$x = \frac{(\text{LCG}+\text{Laft})*\text{Vb}+\text{LCG}*\text{Vt}}{V\text{b}+\text{Vt v}} \quad (2)$$

$$\text{y} = \frac{(0{,}5\text{Bb} + 0{,}5\text{Bt})\text{Vb} + 0{,}5\text{Bt} * \text{Vt}}{\text{Vb} + \text{Vt}}$$

Начало движения каравана. При даче хода вперед возникает сила тяги буксира «Т», которая направлена в диаметральной плоскости буксира. Приложив две прямо противоположные силы «Т» и равные по величине в центр тяжести этой жесткой системы (точка G с координатами x-y), получим вместо силы тяги «Т»буксира, пару сил «Т», момент которой равен

$$N=T*l=T*y \quad (3)$$

вызовет вращение и сила тяги, перенесенная в ц.т .G.

Для того, чтобы ликвидировать вращение системы, необходимо приложить момент вращения в точке G противоположного направления, в данном случае только рулем.

Сила тяги буксира может быть определена по французской формуле [1]

$$T = \frac{S \cdot v^2}{K}, \text{ (тонн)} \quad (4)$$

где S(m^2)-площадь мидель шпангоутов системы S=Bb*d*βb+Bt*d* βt;
v – скорость судна, уз.;
К= 205-342 для буксиров.

Движение вперед с отклоненным рулем. В системе (караване), движущемся вперед с некоторой скоростью ‘v’, руль переложен из диаметральной плоскости (ДП) буксира на некоторыйугол-α.

Отклонение руля нарушит систему обтекания корпусов жидкостью и приведет к созданию некоторой силы давления F_N, которую можно (с некоторым приближением) считать перпендикулярной плоскости пера руля. Сила Y_R[5],перпендикулярна ДП судна и равна (см. рисунок 3)

$$Y_R = \frac{1}{2}(1.14 - 0.6 \cdot C_B) \cdot (0.0194 \cdot L \cdot T + 2.1874) \cdot c \cdot (a + b \cdot V)^2 \sin 2\delta_R, \quad (5)$$

где L= LBPb+ 0,25 LCGt–длина буксирного каравана, м
T=dmax – максимальная осадка каравана, м
c=*1,3498 kg/cu/m*-коэффициент;
a=4,252-коэффициент;
b=0,562-коэффициент;
v- скорость судна в м/сек;
δ_R=α(град)-угол перекладки руля.

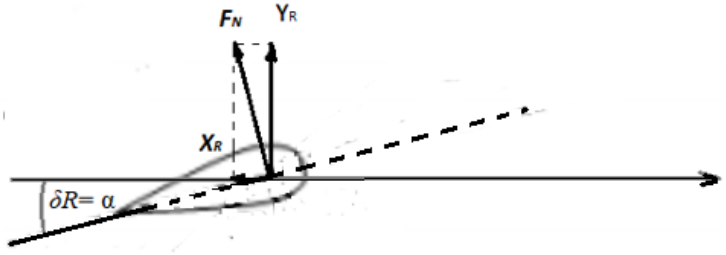


Рисунок 3 – Силы на руле

Тогда момент вращения от перекладки руля равен

$$M\alpha = Y_R * x \quad (6)$$

Решая совместно уравнения (3) и (6) для скоростей каравана v=2, 4, 6 и 8 узлов, определим углы перекладки руля $\delta_R(\alpha)$, при которых судно будет следовать «прямо», т.е. N=Mα.

Таблица 2 – Результат вычислений угла удержания руля (S=47,72 m^2 , $K = 273$)

	Скорость судна –узлы (м/сек)			
	2 (1,02889)	4 (2,05778)	6 (3,08667)	8 (4,11556)
T,тонн	0,6992	2,797	6,293	11,187
N,т*м /kg.m (y=8,6 m)	6,013/6013	24,06/24060	54,12/54120	96,21/96208
Y_R =N/x, кг/kN (x=31,94 m)	188/1.8437	753/7.3844	1694/16.6125	3012/29.5376
δR (α) , град. (L=66,46 m)	1,23	2,45	5,56	10,04

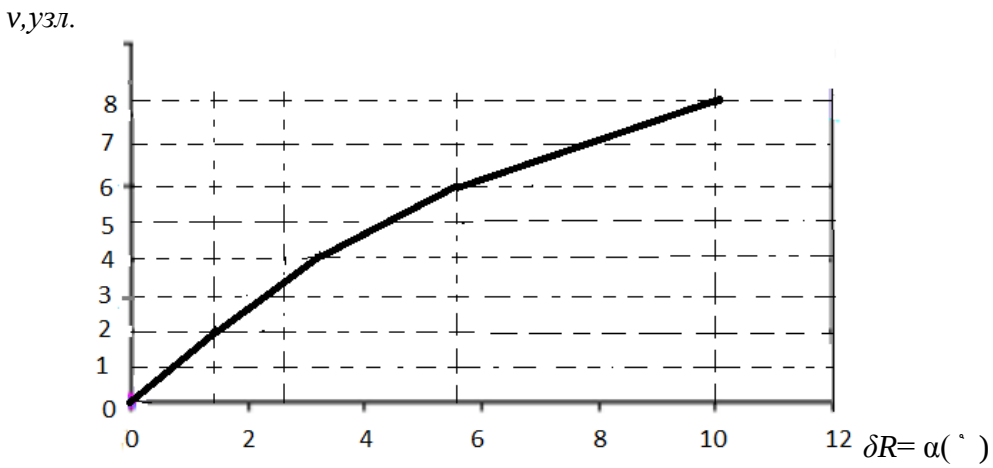


Рисунок 4 – Зависимость положения пера руля от скорости для удержания состава на прямом курсе

По результатам вычислений для конкретных судов, с характеристиками, представленными в таблице 1, построен график положения руля в градусах для удержания

буксируемого состава на прямом курсе. Руль перекладывается на борт, противоположный борту швартовки буксира (до 10 градусов для данного состава). Это говорит, что запасы угла поворота пера руля на циркуляции не равны: на правый борт -25˚, а на левый борт – 45.˚

Выводы. Для равномерного запаса поворота руля буксировщика при буксировке судна способом борт о борт (лагом) следует швартоваться к барже под некоторым углом ДП буксира к ДП баржи. Такой угол может составлять10˚-15˚. Этот угол согласно расчетам и графику (рис. 4) зависит от скорости состава, силы тяги буксира, площадей мидель шпангоутов и пера руля.

В любом случае необходимо стремиться, чтобы линия ДП буксира проходила как можно ближе к центру плавучести баржи (буксируемого плавсредства).

При длительных буксировках и изменением скорости, необходимо регулировать угол швартовки (ДП баржи - ДП буксир) посредством изменений длины носового продольного-кормового прижимного троса.

Обозначения:

α (град) - угол перекладки руля;
βb - коэффициент полноты мидельшпангоута баржи;
βt - коэффициент полноты мидельшпангоута буксира;
B (m) - ширина судна;
*C*в - коэффициент общей полноты;
ДП - диаметральная плоскость;
d (m) - осадка судна;
Gb - центр тяжести баржи в горизонтальной плоскости x-y;
Gt - центр тяжести буксира в горизонтальной плоскости x-y;
LOA (m) - длина судна максимальная;
LBP (m) - длина между перпендикулярами;
LCG (m) - положение центра тяжести по длине от кормового перпендикуляра;
Laft (m) - расстояние между кормовыми перпендикулярами двух судов;
V(m.cu) - объемное водоизмещение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.М. Алексеев. Особые случаи морской практики (Расчет скорости буксировки и прочности буксирного троса).-М.: Морской транспорт, 1959.
2. И.М. Воронков. Курс теоретической механики- М.: Наука,1966.-596 с.
3. Косеюков А.А. Теория корабля-М.: Морской транспорт, 1962.-316 с.
4. Шарлай Г.Н. Маневрирование и управление морским судном-М.:МОРКНИГА, 2015.-520 с.
5. TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation.
6. Volume 8, Number 3, September 2014.
7. Correno, J.E., Jimenez,V.Y., &Sierra, E.Y., Ship Manoeuvrability: Ship Science and Technology.
8. Vol.5. No.9,2011. Pp/69-86.
9. Blendermann W.: Manoeuvring Technical Manual, Shiff und Hafen, Heft 3/1990, Heft 4/1991.
10. Dudziak J.: Teoriaokrętu, FundacjaPromocjiPrzemysłuOkrętowegoiGospodarki Morskiej, Gdańsk 2008.

РАДІОЛОКАЦІЙНА СТАНЦІЯ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА

Зубков А.М., Красник Я.В., Мартиненко С.А., Цицик М.В.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (Україна)

Вступ. Цілодобовий і всепогодний моніторинг водної поверхні в інтересах безпеки судноплавства можуть забезпечити радіолокаційні засоби. Оскільки просторова роздільна здатність по дальності і кутових координатах визначаються шириною спектра сигналу зондування і розмірами антенної системи, фахівці віддають перевагу міліметровому діапазону радіохвиль. При цьому одночасно досягається висока чутливість каналу спостереження по допплерівському ефекту, зв'язаному з рухом об'єктів спостереження і їх конструктивних фрагментів. В сукупності ці фактори відкривають перспективу поряд з виявленням і вимірюванням координат здійснювати розпізнавання надводних об'єктів [1].

Актуальність досліджень. Перевагою радіоканалу міліметрового діапазону являється його близькість до інфрачервоного. Це дозволяє при їх комплексуванні уніфікувати конструктивно-функціональні характеристики апертурних частин. При цьому, процесорні частини інваріантні до діапазону [2]. При такому комплексуванні радіолокаційний канал являється опорним, а інфрачервоний додатковим. Інфрачервоний призначений для підвищення інформаційності зображень, які формуються за рахунок високої просторової здатності [3].

Постановка задачі. Безсумнівний науковий і практичний інтерес представляє оптимізація побудови радіолокаційної станції (РЛС) міліметрового діапазону для вирішення задач моніторингу водної поверхні в інтересах забезпечення безпеки судноплавства. В працях [1, 4] виконаний інженерний синтез і експериментальне дослідження когерентно-імпульсної РЛС коротко хвилевої частини міліметрового діапазону (94 ГГц) з кутовою роздільною здатністю 1 кутовий градус при апертурі антени 0,5 м, роздільної здатності по дальності 0,12 – 15 м, по допплерівській частоті 10 Гц. Однак для практичної навігації суден вказані характеристики являються надлишковими, а вартість апаратури РЛС надто висока при встановленні на малотоннажні судна. Актуальним завданням являється створення малогабаритної корабельної РЛС, що володіє характеристиками моніторингу водної поверхні, які задовольняють вимогам безпеки навігації, в тому числі протимінного захисту.

Результати досліджень. Варіант дешевої вертолітної некогерентної РЛС діапазону 94 ГГц для маловисотних польотів запропоновано в [5]. Розвиток цієї РЛС стосовно до встановлення на суднах, розглянуто в [6].

Структурна схема твердотільної РЛС діапазону 94 ГГц представлена на рис. 1.

Основні тактико-технічні характеристики РЛС:

1. Зона обзору:
   - по дальності – 50 … 2500 м.;
   - по азимуту – 120 кут. град.;
   - по куту місця ± 15 кут. град.
2. Період обновлення радіолокаційної сцени – 1,8…2,2 с.
3. Роздільна здатність:
   - по кутових координатах – 55…65 кут. хв.;
   - по дальності – 8…9 м.
4. Потужність споживання при електроживленні 27 В – не більше 70 Вт.
5. Загальна вага апаратури – не більше 20 кг.

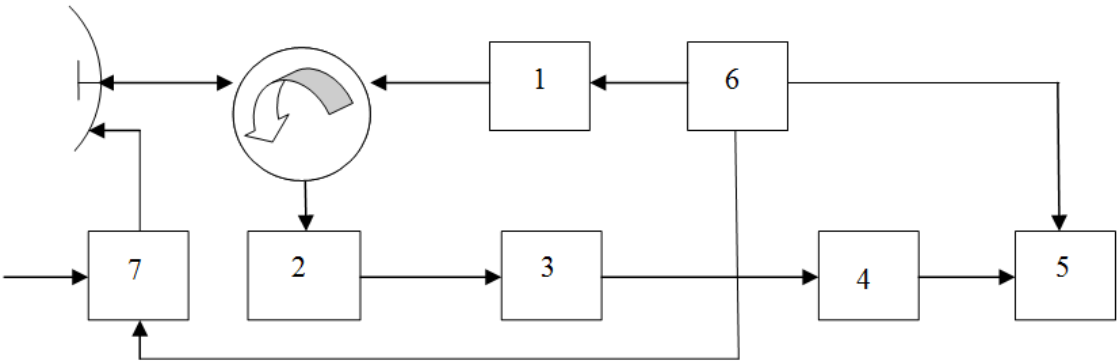


Рисунок 1 – Структурна схема твердотільної імпульсної РЛС діапазону 94 ГГц
1 – передавальний пристрій; 2 – приймальний пристрій; 3 – аналого-цифровий перетворювач; 4 – модуль міжперіодної обробки ехо-сигналів; 5 – індикатор радіолокаційних зображень (РЛЗ); 6 – процесор синхронізації і управління приводом; 7 – двокоординатний електропривод управління зі стабілізації по крену

Мінімізація масогабаритних характеристик РЛС досягнута за рахунок:

- повністю твердотільного апаратного виконання. В якості автогенераторів сигналів зондування і гетеродинів використовують лавино-пролітні діоди в імпульсному і безперервному режимах, відповідно;
- відмови від когерентної обробки ехо-сигналів на користь післядетекторного накопичення з допомогою рекурентного фільтру нижніх частот першого порядку з частотою зрізу $F_{зр} = 0{,}02F_n$, де F_n – частота повторення імпульсів зондування. Накопичення в реальному масштабі часу здійснюється в 256 суміжних елементах роздільної здатності по дальності;
- оптимізації формованих на екрані індикатора зображень (РЛЗ) з точки зору інформативності.

При дослідницьких випробовуваннях РЛС була встановлена на спеціальній платформі в носовій частині рятувального катеру «ТОКМАК» ВМС України.

Район випробувань – територія, вхід і вихід бухти «Стрілецька», берегова зона в районі аеропорту Бельбек. В процесі випробувань максимальна величина хвилювання моря не перевищувала 1,5 бала. В якості індикатора радіолокаційних зображень використовувався переносний комп’ютер. Відображення радіолокаційної інформації здійснювалось одночасно в двох взаємозв’язаних системах координат:

- «азимут – кут місця»;
- «азимут – дальність».

Для підвищення інформативності і оперативності сприйняття радіолокаційної інформації передбачено кольорове кодування дальності, шкала якої представлена на зображенні «азимут – дальність».

В якості прикладів на рис. 2, 3 приведені фотографічне і РЛЗ входу і виходу в бухту «Стрілецька».

Поле індикатора радіолокаційної сцени розділено на два вікна:

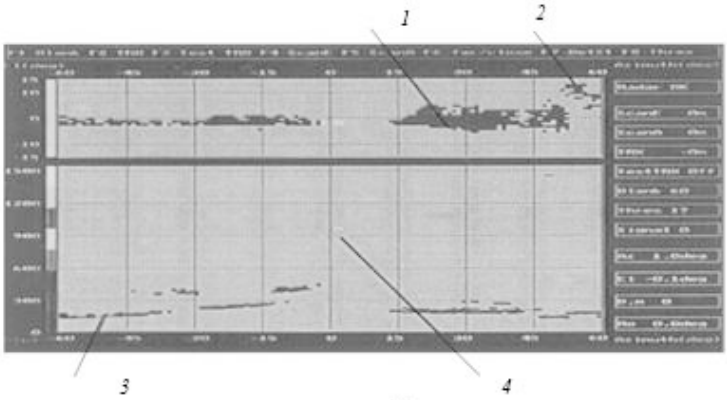
- верхнє в координатах «азимут – кут місця»;
- нижнє в координатах «азимут – дальність».

Зліва в нижньому вікні розташована кольорова шкала градації дальності, що є порівняльно простим інструментом для формування третього виміру на плоскому РЛЗ. РЛЗ отримано скануванням кутової зони 120×15 градусів за час від однієї до трьох секунд діаграмою направленості 1×1 градус на частоті 94 ГГц. В процесі дослідницьких випробувань РЛС забезпечила цілодобове виявлення:

- малого катера – на дальності до 1500 м;
- швартової бочки і навігаційних віх – на дальності до 1200 м;

- бойового плавця – на дальності до 600 м.

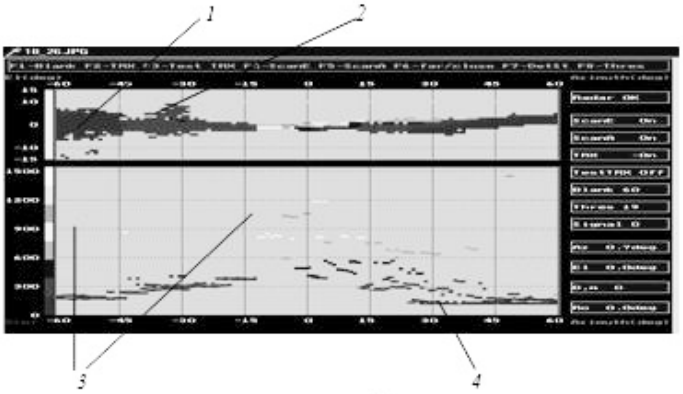
а)



б)

Рисунок 2 – Фотозображення (*а*) і РЛЗ (*б*) виходу з бухти «Стрілецька»
1 – плавкран; *2* – великорозмірний корабель біля причалу; *3* – група малорозмірних кораблів біля причалу; *4* – група кораблів на рейді (дальність ≈ 1 км)

а)



б)

Рисунок 3 – Фотозображення (а) і РЛЗ (б) входу в бухту «Стрілецька»
1 – великорозмірний корабель біля причалу; *2* – плавкран; *3* – окремі будівлі на березі бухти; *4* – група малорозмірних кораблів

Подальшим розвитком розглянутого підходу являється об'єднання радіолокаційного і теплового каналів спостереження на основі інтеграції їх апертурних частин, а також об'єднання радіолокаційного, радіотеплового і теплового інфрачервоного каналів на апаратнім рівні з адаптивним вибором пріоритетного [2, 7].

Висновки:

1. Досягнуті технічні характеристики РЛС дозволяють здійснювати режим високоінформативного картографування морської і берегової зони на дальностях до 2500 м.
2. Прийнятий в РЛС режим одночасного узгодженого по часу і простору відображення радіолокаційних сцен, що спостерігаються в двох взаємозв'язаних системах координат з кольоровою індикацією дальності дозволяє досягнути інформативності РЛЗ, еквівалентно оптичним.
3. Потенціальні можливості РЛС дозволяють використовувати її для забезпечення безпеки цілодобової і всепогодної навігації морських і річкових суден, а також в системах їх протимінного і антидиверсійного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зубков А.Н. Перспективы создания радиолокационных систем селекции и распознавания сложных целей в миллиметровом диапазоне / А.Н. Зубков, Р.В. Обуханич, Н.Ф. Карушкин, И.Н. Прудиус, Л.М. Смеркло // Прикладная радиоэлектроника. – 2002 – Т1, – № 1, С. 77-81.
2. Патент на винахід № 70868А від 30.12.2003 р. (Україна) Спосіб дистанційного моніторингу земної поверхні та інтегрована система для його реалізації /А.Н. Зубков, И.Н. Прудиус, Л.М. Смеркло // НУ «Львівська політехніка».
3. Зубков А.Н. Системы радиовидения миллиметрового диапазона // Радиоэлектроника (Изв. ВУЗов), – 2005 – № 9, – С. 3-16; 2005 – № 10, – С. 3-10.
4. Зубков А.Н. Радиолокационный измерительный комплекс миллиметрового диапазона (РИК-94) / А.Н. Зубков, П.В. Федосюк, Ю.Н. Косовцов, В.В. Атаманюк // Труды 1-го Украинского симпозиума «Физика и техника миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн» – Т.1, – Харьков. – 1991 – С. 57-58.
5. Добрянский Н.С. Твердотельная импульсная РЛС предупреждения столкновений 3 мм диапазона / Н.С. Добрянский, Я.М. Чобан, П.В. Федосюк // Материалы 7-й Крымской Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» – Севастополь – «Вебер» – 1997.
6. Зубков А.Н. Экспериментальные исследования твердотельной импульсной РЛС диапазона 94 ГГц в акватории Севастопольской морской базы / А.Н. Зубков, С.В. Кашин, Я.М. Чобан, Н.С. Добрянский, В.В. Радчук, Б.Л. Якутович // Материалы 13-й Крымской Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» – Севастополь – «Вебер» – 2003 – С. 745-747.
7. Патент на винахід № 94566 від 28.12.2010 р. (Україна) Багатоспектральний виявляч наземних об'єктів / А.М. Зубков, И.Н. Прудиус, А.В. Д'яков, С.А. Мартиненко, Д.О. Мимріков, А.А. Щерба // НУ «Львівська політехніка».

РАЗМЕЩЕНИЕ КОНТЕЙНЕРОВ В ПРОСТРАНСТВЕ РЕШЕНИЯ БУЛЕВОЙ МОДЕЛИ

Каменев К.И.
Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Вступление. Безопасность мореплавания является одной из наиважнейших проблем при перевозке грузов морем. Для обеспечения безопасности экипажа, судна и груза необходимо удостовериться, что составленный грузовой план судна отвечает как международным требованиям, так и требованиям флага/регистра. Эта работа посвящена автоматизации составления грузового плана контейнерного судна.

Актуальность исследования. Перевозка грузов в контейнерах исторически имела высокую конкуренцию, а текущая пандемия еще сильнее ужесточила меры по снижению затрат [1]. В то же время размер судов и их общая вместимость продолжает расти. Таким образом актуальность обеспечения безопасности перевозок в данных условиях очевидна.

Постановка задачи. Задача составления грузового плана контейнеровозов получила название основной проблемы бей плана [2], и ее решение довольно часто рассматривается в современной литературе. Формально она состоит в распределении набора контейнеров различных типов в конечном грузовом пространстве контейнеровоза, учитывая структурные и операционные ограничения как контейнеров, так и судна.

Существует множество вариантов представления этой задачи, а также подходов для её решения [2]-[6]. В частности, предлагаются описания задачи при помощи булевой модели и 3-D корзины, решения при помощи разработанных авторами эвристических алгоритмов, метода ветвей и границ, метаэвристических алгоритмов (генетического, поиска с запретами, муравьиного роя и пр.).В данной работе производится продолжение [7], а именно второй этап решения составленной математической модели, который состоит в распределении конкретных контейнеров в определенные первым этапом слоты.

Согласно представленной модели контейнер размера t (0=TEU, 1=FEU), содержащий опасный груза класса c (c=0 обозначает отсутствие опасных грузов), находится в позиции (i, j, k), где i – порядковый номер бея с TEU, j и k – координаты в самом бее.

Сама модель выглядит следующим образом:

$$-\left(\sum_{i}\sum_{j}\sum_{k} x_{tcijk}\right) \le (-1-t)n_t^{\mathrm{c}}, \qquad \forall\, \mathrm{t, c, i, j, k}; \tag{1}$$

$$\left|x_{1ci'jk} - x_{1c(i'+1)\mathrm{jk}}\right| \le 0, \qquad \forall\, \mathrm{c, i', j, k}; \tag{2}$$

$$\sum_{t}\sum_{c}(x_{tc\mathrm{ijk}}) \le 1, \qquad \forall\, \mathrm{t, c, i, j, k}; \tag{3}$$

$$\sum_{c}\sum_{k^*>k}(x_{0ci'jk^*} + x_{0c(i'+1)jk^*}) + 2M\sum_{c} x_{1ci'jk} \le 2M, \qquad \forall\, \mathrm{c, i, j, k}; \tag{4}$$

$$\begin{cases} \left|\left[\sum_{c}\sum_{k^*=0}^{k} x_{0ci'jk^*}\right]_s - \left[\sum_{c}\sum_{k^*=0}^{k} x_{0c(i'+1)jk^*}\right]_s\right| \le M(1-w_s), \quad \forall\, \mathrm{c, i', j, k}; \\ \left[\sum_{c} x_{1ci'j(k+1)} + \sum_{c} x_{1c(i'+1)j(k+1)}\right]_s \le Mw_s, \qquad \forall\, \mathrm{c, i', j, k}; \end{cases} \tag{5}$$

$$\sum_{i^*=i''-l_{c1c2}}^{i''+l_{c1c2}}\ \sum_{j=j''-w_{c1c2}}^{j''+w_{c1c2}}\ \sum_{k^*=k''-h_{c1c2}}^{k''+h_{c1c2}} \left(x_{t,c1,i^*j^*k^*}\right) \le R\left(1 - x_{tc2ijk}\right), \tag{6}$$

$$\forall\, \mathrm{t}, c1 \neq c2, i'', j'', k''.$$

$$k * \sum_{t}\sum_{c}(x_{tcijk}) - \sum_{k^*=0}^{k-1}\sum_{t}\sum_{c}(x_{tcijk^*}) \leq 0 \;\; \forall\, \mathrm{t, c, i, j, k} > 0; \qquad (7)$$

Результатом её решения является булевый вектор $\bar{S}$, который определяет позиции для контейнеров обозначенного типа с определенными опасными грузами. Такое решение не содержит проверок остойчивости или прочности, поэтому его нужно уточнить относительно конкретной партии контейнеров.

Данная работа не учитывает количество запасов воды или топлива, и поэтому изменение моментов производится только при помощи перемещения самих контейнеров. Для удовлетворения требований по остойчивости и общей продольной прочности моменты, вызванные такой партией контейнеров, должны находиться в неких пределах:

$$Mx_{\mathrm{C}} \in [Mx_{\mathrm{C}_{min}}, Mx_{C_{max}}]$$
$$Mxb_{\mathrm{C}} \in [Mxb_{\mathrm{C}_{min}}, Mxb_{C_{max}}]$$
$$My_{\mathrm{C}} \in [My_{\mathrm{C}_{min}}, My_{C_{max}}]$$
$$Mz_{\mathrm{C}} \in [Mz_{\mathrm{C}_{min}}, Mz_{C_{max}}]$$

Mxb_{C} – суммарный момент относительно миделя. Задача состоит в размещении конкретной партии контейнеров согласно решению $\bar{S}$ так, чтобы выполнялись эти условия. Эти контейнеры можно поделить по партиям N_q, которые имеют одинаковые t и c. Вектор $\bar{S}$ также можно представить в виде матрицы координат, в которых находятся контейнеры, а потом эту матрицу разбить на подматрицы по тому же принципу. Пусть такая подматрица координат имеет название L_q, а подматрица весов, содержащихся в $N_q - P_q$ (рис. 1).

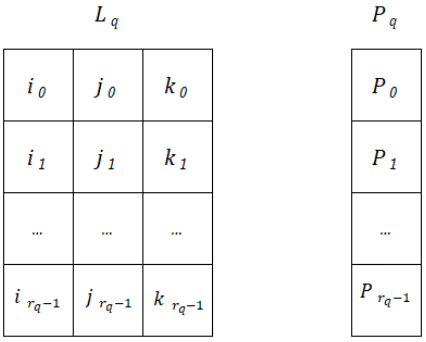


Рисунок 1 – Матрицы L_q та P_q

Тогда решение, полученное на втором этапе, можно представить в виде вектора $\overline{S2}$, который будет содержать собой номера элементов матрицы P_q, которые содержатся в соответствующих позициях матрицы L_q.

Пусть каждое подмножество N_q содержит r_qэлементов, тогда количество всех возможных размещений контейнеров будет равняться $\sum_{q=0}^{m-1}(r_q!)$, где m – общее количество N_q. Очевидно, что полный перебор всех решений неосуществим в пределах адекватного промежутка времени. Поэтому было решено использовать один из метаэвристических алгоритмов, а именно генетический, в виду его гибкости и удачного применение другими исследователями для решений подобных задач. Для его использования изначально создается некая популяция векторов $\overline{S2}$, из которой селекцией выбираются два родительских вектора, которые потом скрещиваются между собой, и над результатом проводится мутация.

Алгоритм основан на использовании функций приспособленности, селекции, скрещивания и мутации. Приспособленность решения является характеристикой его качества. В качестве функции приспособленности предложено следующую, которая

оперирует разностями моментов, которые вызваны данным расположением грузов, от некого оптимального момента, принятого средним между максимальным и минимальным ограничивающими моментами.

$$fg = \frac{1}{1 + (\Delta Mx_{\mathrm{C}} + \Delta Mxb_{\mathrm{C}} + \Delta My_{\mathrm{C}} + \Delta Mz_{\mathrm{C}}) * (1 + 10^{a} * SPsk)}$$

Функция мутации выполняет случайный обмен позиций двух элементов в пределах $\overline{S2_q}$, что позволяет оставить множество элементов без изменений.

Скрещивание выполняется подобным образом: с неким шансом элемент одного из родительских векторов заменяется на элемент другого родительского вектора, однако, для сохранения неизменности множества элементов при такой замене в позицию, в которой находится дубликат элемента, пишется ранее замененный.

Селекция происходит «поединком», т.е. из популяции выбирается некоторое число особей, из них выбирается лучший.

Схема работы генетического алгоритма представлена на рис. 2.

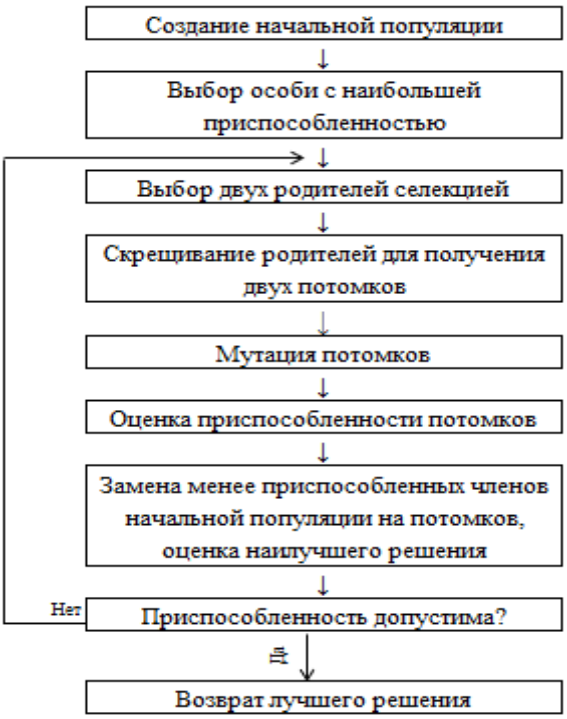


Рисунок 2 – Генетический алгоритм

Результаты исследования. Для проверки алгоритма была использована упрощенная модель судна, состоящая из 4 беев и 40 контейнеров весом от пяти до десяти тонн. Изначально контейнеры были размещены случайным образом (левая часть). Потом был применен представленный генетический алгоритм (правая часть). В результате его работы по перестановке контейнеров изначально недопустимый момент Mx был значительно уменьшен.

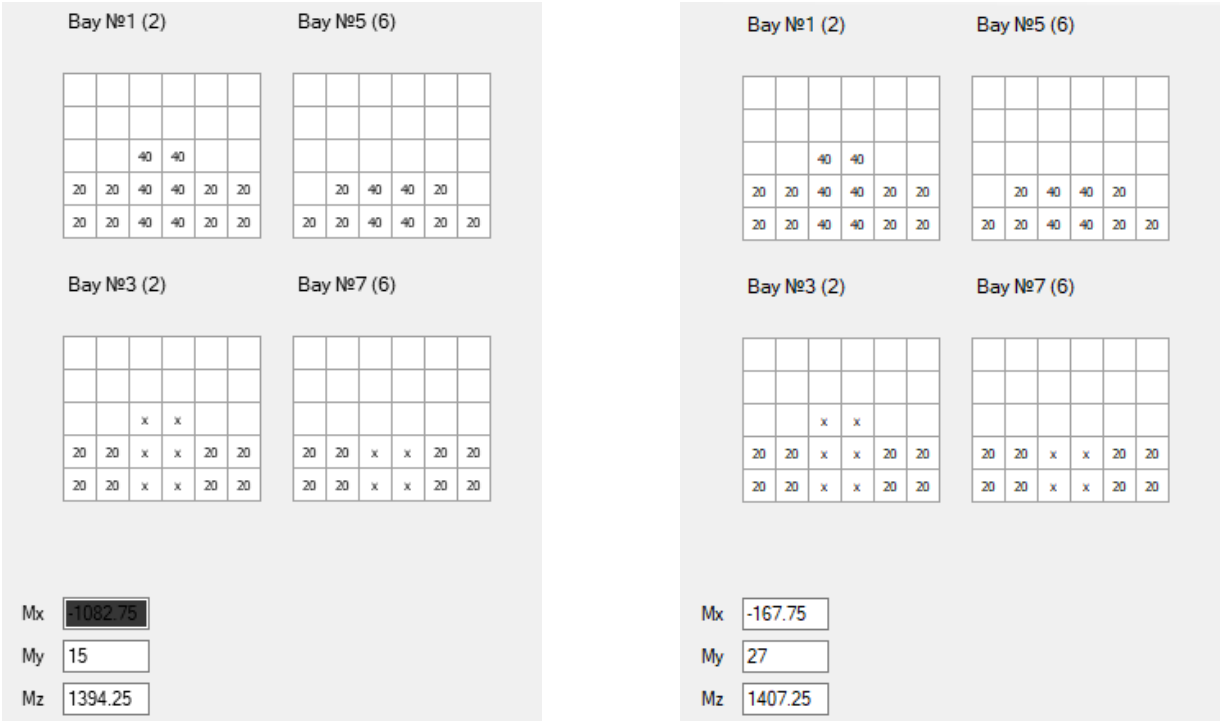


Рисунок 3 – Моменты до и после работы алгоритма

Выводы. Применение генетического алгоритма для данной задачи позволяет избежать полного перебора всех возможных решений и получить допустимый результат, что показывает целесообразность его использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Review of Maritime Transport 2020», United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD/ RMT/2020) - New York, 159p.

2. D. Ambrosino, A. Sciomachen, and E. Tanfani, «Stowing a containership: The master bay plan problem», Transp. Res. Part A Policy Pract., vol. 38, no. 2, pp. 81–99, 2004, doi: 10.1016/j.tra.2003.09.002.

3. D. Ambrosino and A. Sciomachen, «Using a Bin Packing Approach for Stowing Hazardous Containers into Containerships», in Springer Optimization and Its Applications, 2015, pp. 1–18.

4. M.A. Yurtseven, E. Boulougouris, and O. Turan, «Container ship stowage plan using steepest ascent hill climbing, genetic, and simulated annealing algorithms», Mar. Des. XIII, vol. 1, pp. 617–623, 2018.

5. O. Dubrovsky, G. Levitin, and M. Penn, «A genetic algorithm with a compact solution encoding for the container ship stowage problem», J. Heuristics, vol. 8, no. 6, pp. 585–599, 2002, doi: 10.1023/A:1020373709350.

6. F. Liu, M.Y.H. Low, W.J. Hsu, S.Y. Huang, M. Zeng, and C.A. Win, «Randomized algorithm with tabu search for multi-objective optimization of large containership stowage plans», Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics), vol. 6971 LNCS, pp. 256–272, 2011, doi: 10.1007/978-3-642-24264-9_20.

7. K. Kamieniev, A. Kamienieva, and M. Tsymbal, «Construction of a mathematical model and a method for arranging hazardous cargoes on a containership» Eastern-European J. Enterp. Technol., vol. 6, no. 3–102, pp. 20–27, 2019, doi: 10.15587/1729-4061.2019.183385.

КОНТРОЛЬ НАВІГАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ СУЕЦЬКОГО КАНАЛУ НА ПРИКЛАДІ АВАРІЇ Т/Х «EVER GIVEN»

Конон Н.М.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. Навігація на прибережних шляхах, у каналах, річках, фарватерах завжди потребує особливої уваги та попередньої підготовки. Навігаційний прохід по каналам нерідко виконується за підтримкою лоцмана, який володіє місцевими знаннями плавання в регіоні. Присутність лоцмана на борту не звільняє капітана від відповідальності, а тому вимагає:

- глибоких теоретичних знань з навігації та управління рухом судна;
- досвіду та практики;
- попередньої проробки району плавання, метео-гідрографічних умов і т. п.;
- оцінки ризиків;
- постійного контролю за рухом судна та ін.

Актуальність досліджень. Незважаючи на невпинний технологічно-інформаційний прогрес в області морських перевезень та в управлінні рухом судна, аварійність залишається актуальною проблемою на морі. Через Суецький канал проходить від 10 до 12% світової торгівлі та щороку рухається приблизно 19 000 кораблів. Частоту аварійності у цьому регіоні можна прирівняти до низького рівня, саме тому, аварія від 23 березня 2021 року потребує аналізу стосовно контролю навігаційної безпеки при проходженні Суецького каналу.

Постановка задачі. 23 березня 2021 року, один з найбільших у світі контейнеровозів т/х «Ever Given» (20124 TEU), що йшов напрямком з Китаю до Нідерландів, під час проходу Суецького каналу, втратив управління та заблокував рух по каналу. За попередніми даними, Адміністрація Суецького каналу повідомила, що спричиненню аварії посприяла метеорологічна обстановка. Понад 300 суден на обох кінцях каналу були вимушені чекати коли т/х «Ever Given» зможе продовжити свій шлях, включаючи п'ять інших контейнеровозів подібних розмірів. Аналітики судноплавства підрахували, що «пробка» затримувала майже 10 мільярдів доларів торгівлі щодня.

Довжина Суецького штучного каналу становить 120 миль. Суецький канал є одним з найважливіших водних шляхів у світі. Морський транспорт є найбільш вигідним методом транспортування вантажів, понад 80% обсягу світової торгівлі транспортується водними шляхами. Географічне положення Суецького каналу забезпечує економію на відстані між портами на Північ і Південь від каналу, у порівнянні з мисом Доброї Надії. Таким чином, економічна вигода відчувається на заощадженні часу, витрат палива та експлуатаційних витрат судна.

У 2015 р. Суецький канал був розширений за рахунок побудови каналу довжиною 22 милі, паралельно головному водному шляху. Така модифікація збільшила можливості перевезень, а саме дозволила здійснювати двосторонні перевезення по більшій частині маршруту та підвищила пропускну здатність щодо розміру суден.

Судно «Ever Given», що оперується компанією Evergreen Shipping, є одним з найбільших у світі контейнерних суден, 23 березня опинився на мілині. Групи аварійно-рятувальних робіт шість днів працювали на суші та водній поверхні викопуючи пісок і виводячи каміння з обох кінців судна, який перекрив прохід. Буксири, яким сприяв сильний весняний приплив, зуміли змістити судно. Вплив аварії у каналі був величезним. До ранку 29 березня 2021 року, за кілька годин до рятування «Ever Given», 367 суден чекали проходу через канал, за даними Leth Agencies, постачальника послуг з каналів. Експерти морської галузі заявили, що для вирішення такої затримки можуть знадобитися тижні.

Підсумуємо переваги Суецького каналу:

- це найдовший канал у світі без шлюзів;
- порівнюючи з іншими водними шляхами аварійність мінімальна;
- забезпечує постійну навігацію;
- забезпечений системою управління судновим рухом, що може контролювати і стежити за ними на кожному місці каналу та забезпечувати допомогу в надзвичайних ситуаціях;
- надає змогу проходити великим суднам, включно частково завантажені VLCC та ULCC.

Результати досліджень. Детальний аналіз прогнозних даних експертами Data4Risk демонструє, що в Суецькому каналі 23 березня 2021 року, з 02:00 до 08:00 UTC було прогнозовано сильний вітер після проходження депресії, яка виникла із Північно-Західної Африки кілька днів тому. На рисунках 1 та 2 зображені карти прогнозів швидкостей та поривів вітру на висоті 10 метрів о 0600 UTC, коли сталася аварія (близько 0740 за місцевим часом).

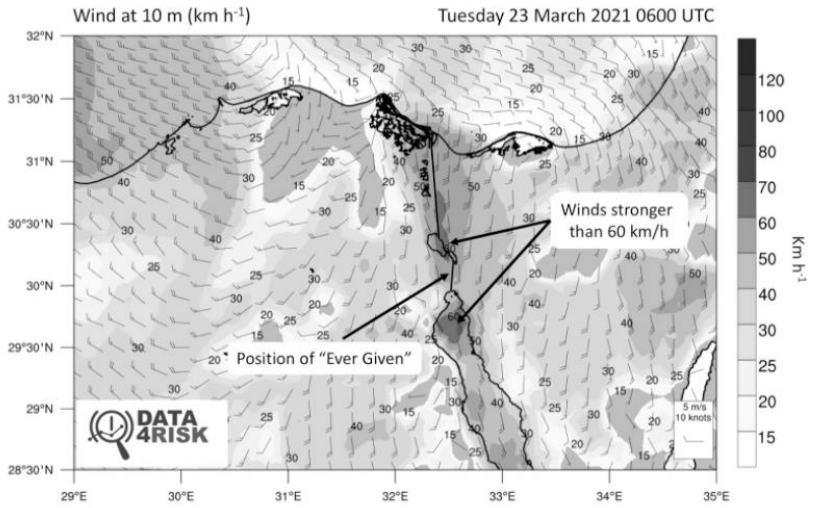


Рисунок 1 – Середні швидкості та напрям вітрів

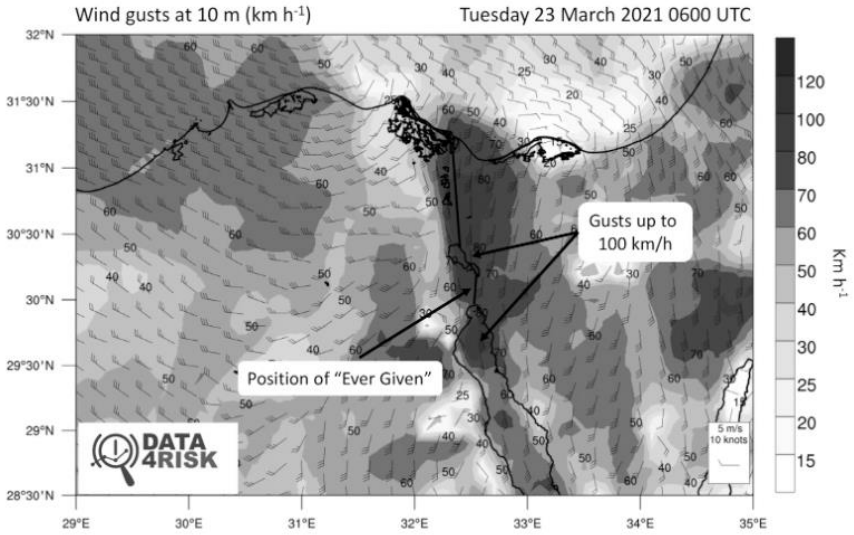


Рисунок 2 – Середні швидкості поривів вітрів

Посилаючись на регіональні метеорологічні особливості плавання у Суецькому каналі, можна відзначити, що подібний вітер носить сезонний характер та має назву Хамсін. Khamsin, chamsin або Hamsin (від арабського слова "п'ятдесят") - сухий, гарячий,

піщаний місцевий вітер південних напрямків, що може бути спровокований позатропічними циклонами, які рухаються на схід уздовж південних частин Середземного моря або вздовж узбережжя Північної Африки з лютого по червень. У Єгипті цей вітер зазвичай діє в квітні близько 50-ти днів, але іноді може траплятися в період з березня по травень, несучи велику кількість піску та пилу з пустель зі швидкістю до 140 кілометрів на годину (76 вузлів) та підвищенням температури до 20° С за дві години. Згідно статистичних даних вітер трапляється не частіше одного разу на тиждень і триває лише кілька годин за раз.

Іншими словами, можна зауважити, що усі судна, що проходять через Суецький канал у період активної дії піщаних вітрів, стикаються з небезпекою навігації.

У даній статті увага зосереджується на саме можливих помилках в управлінні судном, з урахуванням базових теоретичних відомостей та доброї морської практики.

При проходженні Суецького каналу необхідно враховувати ефект банки (Bank effect). Асиметричний потік навколо судна, викликаний сусідством берегів, спричиняє різницю тисків (принцип Бернуллі) між бортами та кромкою каналу. В результаті на судно діє бічна сила, в більшому спрямована до найближчого берега, а також момент дестабілізації курсу (yawing), що штовхає її носову частину до центру водного шляху. Ефект просідання при цьому збільшується із збільшенням швидкості та зменшенням глибини. Це явище залежить від багатьох параметрів, таких як форма берега, глибина, відстань судна до берега, маневрених характеристик судна, швидкості судна та дії гвинта . Достовірна попередня оцінка наслідків даного ефекту є важливою для визначення граничних умов, в яких судно може безпечно плавати по каналу. Ефект банки був визначений однією з можливих причин аварії в Суецькому каналі 2021 року вантажним судном «Ever Given».

Pivot point (Точка повороту) - це точка, навколо якої повертається судно: коли судно здійснює поворот, то в цій точці немає поперечної швидкості. Точка повороту є кінематичним об’єктом - вона описує поперечний розподіл швидкості центральної площини судна. Точка повороту рухається залежно від миттєвого набору сил, що діють на судно. При відсутності швидкості руху вперед і при рівномірному обертальному русі, коли носова частина та корма прагнуть до протилежних напрямків, точка повороту співпадає з центром мас. Коли судно рухається вперед, точка повороту зміщується вперед. Коли судно здійснює кормовий шлях, точка повороту зміщується ближче до корми (рис. 3).

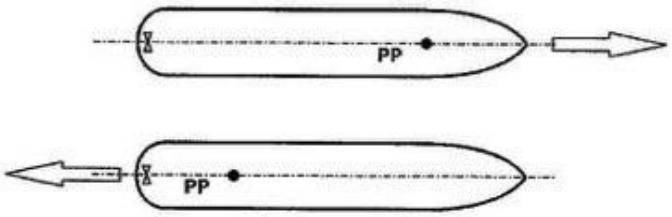


Рисунок 3 – Схематичне зображення зміщення точки повороту (PP)

Розглянемо ситуацію аналогічну аварії в Суецькому каналі. Вітер в корму, судно рухається вперед. Середня діаграма показує судно, що рухається вперед, і вітер прямо за кормою. PP зміщена вперед, а вектор дії вітру W співпадає з напрямком руху судна. Порівняно невелика зміна відносного напрямку вітру буде зміщувати корму (вектор W) вперед, як показано на правій та лівій діаграмах рисунка 4. Матимуть місце такі ефекти:

- сила вітру розвиватиме сильний поворотний момент навколо PP (більше плече), повертаючи корму судна далі від вітру;
- сила вітру розвиватиме бічну силу в сторону від вітру;
- судно втрачає стійкість курсу, ускладнюючи управління.

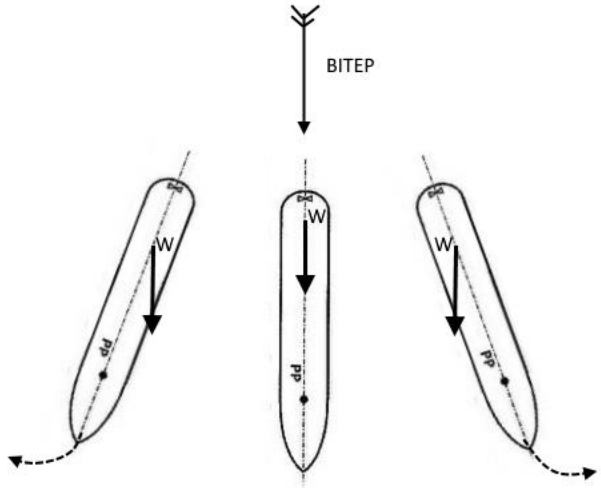


Рисунок 4 – Рух судна вперед із кормовим вітром

Таким чином, при русі судна по каналу під дією сильного кормового вітру, необхідно утримувати курс судна так, щоб запобігти розвертанню корми за рахунок сили вітру та ефекту банки кромки каналу. Наприклад, згідно лівої діаграми рисунку 4, необхідно тримати «ліво на борт» (або приблизно, в залежності від обставин), щоб зберігати прямолінійний рух. Моделюючи аварійну ситуацію з т/х «Ever Given», можна зробити висновок, що судно втратило управління через невірну команду, або невчасне виконання команди. Корма під дією вітру почала розвертатися до однієї із сторін каналу, а дія бічної сили від ефекту банки, призвело до аварійних наслідків.

Під час руху судна по центру каналу вплив обох стінок діє симетрично. Зміщення судна з осі до однієї зі стінок призводить до того, що поле тисків з боку найближчого берега має більш значні перепади. Готуючись до проходження каналу слід проаналізувати можливий вплив рельєфу та берегової лінії на поведінку судна. Потрібно мати на увазі, що впадини в береговій лінії будуть притягувати ніс судна, а виступи – відштовхувати.

Висновки. Транзит великотоннажних суден через Суецький канал потребує оцінки безпеки навігації. Незважаючи на присутність лоцмана на борту, капітан, вахтовий помічник та рульовий повинні бути підготовлені до усіх можливих обставин та дій, що можуть вимагатися від суднового екіпажу для безпечного рейсу.

Узагальнюючи розглянуті питання, необхідно виділити такі особливості контролю навігаційної безпеки у Суецькому каналі, як метеорологічні прогнози, безпечна швидкість, урахування ефекту банки, просідання на мілководді, а також керованості судна у цих умовах. Лише за рахунок ретельної попередньої проробки необхідних інформаційних джерел, відповідного брифінгу усіх заохочених членів екіпажу та ефективного обміну інформацією з лоцманом (Master – Pilot information exchange) можна знизити ризик небезпеки навігації у каналі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стаття «Метеорологічні умови під час аварії у Суецькому каналі» [Електронний ресурс] / https://www.data4risk.com/looking-back-on-the-meteorological-conditions-during-the-suez-canal-accident-on-23-march-2021/.
2. Дані надані на офіційному сайті Суецького каналу [Електронний ресурс] / https://www.suezcanal.gov.eg/.
3. Стаття «Хамсін» [Електронний ресурс] / https://en.m.wikipedia.org/wiki/Khamsin.
4. Стаття «Основи управління судном» [Електронний ресурс] / https://shipsnow.com /wiki/ ship-handling-basics/.

ПОЛЯРИЗАЦІЙНА СЕЛЕКЦІЯ НАВІГАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ СУДНОВИМИ РЛС

Корбан Д.В.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. Поляризаційні методи селекції навігаційних об'єктів судновими РЛС мають важливе практичне значення, так як поляризаційні параметри електромагнітної хвилі необхідно враховувати при будь-яких способах використання радіолокаційної інформації, що міститься в розсіяній навігаційним об'єктом електромагнітної хвилі. При радіолокаційному спостереженні навігаційних об'єктів на шляху судна відбита хвиля буде частково поляризованою. Енергетичні характеристики таких хвиль дозволяють визначити їх поляризацію в точці розміщення антени суднової РЛС за допомогою матриці когерентності, яка пов'язана з системою параметрів Стокса, які легко вимірюються на практиці. Причому частково поляризована хвиля представляється суперпозицією поляризованого і неполяризованого електромагнітних полів. Матриця когерентності є найбільш повною характеристикою частково поляризованої хвилі, відбитої від складного об'єкта (навігаційний об'єкт, що знаходиться в зоні випадаючих зливових опадів), властивість якої визначаються при відбитті від такого об'єкта.

Актуальністю даного дослідження є використання технічної основи методів поляризаційної селекції радіолокаційних сигналів складних об'єктів в суднових радіолокаційних системах, заснованих на залежності енергетичних характеристик всеполярізованої антени суднової РЛС від поляризаційного стану відповідних хвиль, відбитих від різних об'єктів при їх опроміненні однією і тією ж електромагнітною хвилею.

Постановка задачі полягає в реалізації процесу поляризаційної селекції навігаційних об'єктів, що знаходяться в зоні випадаючих зливових опадів, з використанням кореляційної матриці розсіювання.

Результати досліджень. При проведенні дослідження будемо виходити з того, що найбільш повною характеристикою відбитої від складного об'єкта (навігаційний об'єкт, що знаходиться в зоні зливових опадів) частково поляризованої електромагнітної хвилі є матриця когерентності, елементи якої складаються з енергетичних дійсних параметрів Стокса, які легко вимірюються судновою РЛС.

Розглянемо матрицю когерентності стабільної складової (СТ) і матрицю когерентності флуктуюючої складової (Ф) частково поляризованого луна-сигналу складного об'єкта. Елементи матриці когерентності є вихідними параметрами приймача суднової РЛС, за якими проводиться поляризаційна селекція луна-сигналу навігаційного об'єкта. Для вирішення поставленої задачі дослідження представимо поляризацію електромагнітної хвилі в певному базисі вектором - параметром Стокса S(t) у вигляді матриці стовпця, який дозволяє сформулювати матрицю когерентності $R_S(t)$:

$$\left[S(t)\right] = \begin{vmatrix} S_1(t) \\ S_2(t) \\ S_3(t) \\ S_4(t) \end{vmatrix}, \qquad (1)$$

де $S_1(t)$, $S_2(t)$, $S_3(t)$, $S_4(t)$ – параметри Стокса в лінійному базисі, які записуються у відомій формі [1]:

$$\begin{aligned} S_1(t) &= \langle E_x^2(t)\rangle + \langle E_y^2(t)\rangle, \\ S_2(t) &= \langle E_x^2(t)\rangle - \langle E_y^2(t)\rangle, \\ S_3(t) &= 2\langle E_x(t)E_y(t)\cos\Phi_{xy}(t)\rangle, \\ S_4(t) &= 2\langle E_x(t)E_y(t)\sin\Phi_{xy}(t)\rangle. \end{aligned} \tag{2}$$

Для розглянутого довільного електричного поля хвилі, заданого в деякому базисі вектором Стокса S (t), утворимо допоміжну матрицю [C (t)], елементами першого стовпця якої є Параметри Стокса, а елементами другого стовпця нулі:

$$\left[C(t)\right] = \begin{vmatrix} S_1(t) & 0 \\ S_2(t) & 0 \\ S_3(t) & 0 \\ S_4(t) & 0 \end{vmatrix}. \tag{3}$$

Тоді ермітово-сполучена матриця запишеться у вигляді:

$$\left[C^*(t)\right] = \begin{vmatrix} S_1(t)^* & S_2(t)^* & S_3(t)^* & S_4(t)^* \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}. \tag{4}$$

Добуток матриць (3) і (4) дає матрицю когерентності електромагнітної хвилі $\lfloor R_S(t)\rfloor$:

$$\left[R_S(t)\right] = \left[C(t)\right]\cdot\left[C^*(t)\right] = \begin{vmatrix} S_1(t)S_1(t)^* & S_1(t)S_2(t)^* & S_1(t)S_3(t)^* & S_1(t)S_4(t)^* \\ S_2(t)S_1(t)^* & S_2(t)S_2(t)^* & S_2(t)S_3(t)^* & S_2(t)S_4(t)^* \\ S_3(t)S_1(t)^* & S_3(t)S_2(t)^* & S_3(t)S_3(t)^* & S_3(t)S_4(t)^* \\ S_4(t)S_1(t)^* & S_4(t)S_2(t)^* & S_4(t)S_3(t)^* & S_4(t)S_4(t)^* \end{vmatrix}. \tag{5}$$

Діагональні елементи матриці (5) є інтенсивностями ортогонально поляризованих компонент електромагнітної хвилі і представлені параметрами Стокса. Недіагональні елементи матриці визначають їх взаємну кореляцію. Так як частково поляризована хвиля, відбита від складного об'єкта, складається з суми двох статистично незалежних компонент: стабільної (СТ) і флюктуюючої (Ф), то при аналізі її луна-сигналу розглядаємо матрицю когерентності стабільної компоненти і матрицю когерентності флюктуюючої компоненти. Тоді матриця когерентності сумарної частково поляризованої хвилі об'єднує матрицю когерентності стабільної і флюктуюючої компонент, тобто:

$$\left[R_{S\Sigma}(t)\right] = \left[R_{SCT}(t)\right]\cdot\left[R_{S\Phi}(t)\right] =$$

$$\begin{bmatrix} S_{11CT}(t) & S_{12CT}(t) & S_{13CT}(t) & S_{14CT}(t) \\ S_{21CT}(t) & S_{22CT}(t) & S_{23CT}(t) & S_{24CT}(t) \\ S_{31CT}(t) & S_{32CT}(t) & S_{33CT}(t) & S_{34CT}(t) \\ S_{41CT}(t) & S_{42CT}(t) & S_{34CT}(t) & S_{44CT}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} S_{11\Phi}(t) & S_{12\Phi}(t) & S_{13\Phi}(t) & S_{14\Phi}(t) \\ S_{21\Phi}(t) & S_{22\Phi}(t) & S_{23\Phi}(t) & S_{24\Phi}(t) \\ S_{31\Phi}(t) & S_{32\Phi}(t) & S_{33\Phi}(t) & S_{34\Phi}(t) \\ S_{41\Phi}(t) & S_{42\Phi}(t) & S_{34\Phi}(t) & S_{44\Phi}(t) \end{bmatrix}. \tag{6}$$

При поляризаційній селекції луна-сигналу навігаційного об'єкта з сумарного луна-сигналу частково поляризованої хвилі складного об'єкта, луна-сигнал навігаційного об'єкта протягом часу радіолокаційного спостереження залишається стабільним і повністю поляризованим. Атмосферне ж утворення є флуктуюючим об'єктом, а луна-сигнал від нього є частково поляризованим. Відповідно до теореми Стокса [1] частково поляризований луна-сигнал атмосферного утворення можна розглядати таким, що складається з повністю поляризованого і неполяризованого. Неполяризований луна-сигнал є сумою двох незалежних протилежно поляризованих потоків (П1 і П2) рівної інтенсивності, матриці когерентності якого записується у вигляді:

$$\left[R_{SH}\right]=\left\lfloor R_{SII}^{\Pi 1}\right\rfloor+\left\lfloor R_{SII}^{\Pi 2}\right\rfloor. \quad (7)$$

З урахуванням (7) матрицю когерентності луно-сигналу складного об'єкта можна представити наступним чином:

$$\left[R_{S\Sigma CO}\right]=\left[R_{S\Sigma CT\Pi}\right]+\left[R_{S\Sigma\Pi\Phi}\right]+\left[R_{S\Sigma H}\right]=\left[R_{S\Sigma CT\Pi}\right]+\left[R_{S\Sigma\Pi\Phi}\right]+\left\lfloor R_{SII}^{\Pi 1}\right\rfloor+\left\lfloor R_{SII}^{\Pi 2}\right\rfloor. \quad (8)$$

У рівнянні (8) поляризація першого потоку $\left\lfloor R_{SII}^{\Pi 1}\right\rfloor$ збігається з поляризацією потоків, $\left[R_{S\Sigma CT\Pi}\right]$, $\left[R_{S\Sigma\Pi\Phi}\right]$ і тоді матриця когерентності сумарного луна-сигналу складного об'єкта є сумою матриць когерентності луна -сигналів першого і другого поляризованих потоків:

$$\left[R_{S\Sigma CO}\right]=\left\lfloor R_{SII\Sigma}^{\Pi 1}\right\rfloor+\left\lfloor R_{SII\Sigma}^{\Pi 2}\right\rfloor . \quad (9)$$

У сумарній матриці когерентності луна-сигналів складного об'єкта матриця когерентності луна-сигналів першого потоку належить луна-сигналу навігаційного об'єкта, а матриця когерентності луна-сигналів другого потоку належить атмосферному утворенню.

Висновки:

1. Вирішена задача поляризаційної селекції навігаційного об’єкта, що знаходиться в зоні атмосферного утворення шляхом представлення його луна-сигналу сумарною матрицею когерентності першого поляризаційного потоку.
2. Практична реалізація представленої методики поляризаційної селекції здійснюється шляхом вимірювання параметрів Стокса луна-сигналів частково поляризованої хвилі, що входять в сумарну матрицю розсіювання складного об’єкта.

ЛІТЕРАТУРА

1 Канарейкин Д.Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Д.Б. Канарейкин, Н.Ф. Павлов, В.А. Потехин. - М.: Советское радио, 1966. – 440с.

THE USE OF THE RISK CRITERION IN THE TASK OF OPTIMIZATION OF SHIP DIVERGENCE TRAJECTORIES

Mamenko P.P., Zinchenko S.M.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)

Introduction. The problem of researching effective methods for preventing collisions of ships has become paramount and important in connection with the increase in tonnage, overall dimensions, speed and number of ships involved in the carriage of goods by sea. An obvious contribution to improving the safety of navigation was, firstly, the use of radars, and then the development of the ARPA (Automatic Radar Plotting Aids) collision avoidance system, which allows you to automatically track at least 20 encountered "n" objects, determine the parameters of their movement (speed V_n, course Ψ_n) and elements of approach to own ship (($D^n{}_{\min} = DCPA_n$ - distance to the closest point of approach (Distance of the Closest Point of Approach), $T^n{}_{\min} = TCPA_n$ - time to the closest point of approach, (Time to the Closest Point of Approach)) and collision risk assessment r_n.) and elements of approach to own ship ((- distance to the closest point of approach), - time to the closest point of approach, (Time to the Closest Point of Approach)), as well as collision risk assessment.

There are various methods for preventing ship collisions. The simplest method is to use own ship's course or speed change maneuver in relation to the most dangerous oncoming ship or ships in the zone of close proximity. A more efficient method is to determine the safe trajectory of the vessel.

The task of ensuring safety when maneuvering several ships is quite complex and is associated with the formation of decision criteria when plotting a course. The existing methods for solving the problem of safe separation of ships are based on the criterion of absolute safety. This approach provides solutions to ensure that there is no dangerous encounter, but ship collisions do occur and there is confidence that the "absolutely" safe trajectory contains the likelihood of collision. It is more rational to use the risk field when constructing the trajectory. The main advantage of this approach is taking into account the distribution of risks in the vicinity of the target. Taking a normal distribution and highlighting an ellipse of equal risk, accompanying the goal, the tasks of visualizing the risk field and critical trajectories are easily formed, trajectory construction that ensures that the specified risk is not exceeded with a minimum divergence maneuver path. However, it should be noted that the algorithm is focused on modern computing systems and operates with fields - large arrays of numbers. This feature allows you to operate at once with the entire scene of the operation and raise the question of the optimal solution of the entire operation for all participants. The optimality of the trajectory, within the framework of this approach, is formed as not exceeding a given risk with a minimal maneuver path. In this case, the risk field contains the risk of ambiguity of the target trajectories, which ensures the prompt rebuilding of the trajectory in case of disturbances in the target's behavior. It is essential that the use of the risk function ensures that instrumental errors are taken into account when measuring target parameters. For modern computing systems, the method is programmed simply, which is confirmed by the given text of the simulation program.

Relevance of research. A more efficient method is to determine the safe trajectory of the vessel. The task of ensuring safety when maneuvering several vessels is quite complex and is associated with the formation of decision criteria when plotting a course. It is more rational to use the risk field when constructing the trajectory. The main advantage of this approach is taking into account the distribution of risks in the vicinity of the target. Naturally, taking a normal distribution and highlighting an ellipse of equal risk, accompanying the goal, it is easy to form the task of

visualizing the risk field and critical trajectories, constructing a trajectory that ensures that a given risk is not exceeded with a minimum divergence maneuver path. However, it should be noted that the algorithm is focused on modern computing systems and operates with fields - large arrays of numbers. This feature allows you to operate at once with the entire scene of the operation and raise the question of the optimal solution of the entire operation for all participants. The optimality of the trajectory, within the framework of this approach, is formed as not exceeding a given risk with a minimal maneuver path. In this case, the risk field contains the risk of ambiguity of the target trajectories, which ensures the prompt rebuilding of the trajectory in the event of disturbances in the target's behavior.

Therefore, the development of methods for the optimal divergence of ships using risk fields is an urgent scientific and technical task.

Problem statement. An integral function of the total risk is given, depending on the trajectory of own ship $L(\mathbf{x}(t))$ in case of discrepancy

$$\overline{C}(\mathbf{x}) = \frac{C_m}{2\pi\sigma_x\sigma_y}\int_{L(t)} e^{-\frac{1}{2-2r_{xy}}\left[\frac{(v_x t - x_0)^2}{\sigma_x{}^2} - \frac{r_{xy}(v_x t - x_0)(v_y t - y_0)}{\sigma^2{}_x\sigma^2{}_y} + \frac{(v_y t - y_0)^2}{\sigma_y{}^2}\right]} dt \tag{1}$$

It is required to find an optimal trajectory $L^*(\mathbf{x}(t))$, that would minimize the integral function of the total risk (1)

$$L^*(\mathbf{x}(t)) \to \min \overline{C}$$

Research results. For a situation of several goals in the problem of divergence of ships, we single out ships whose trajectory $f(t)$ leads to collisions with the trajectory of own ship $f_0(t)$ - critical trajectories and trajectories $f^*(t)$ that do not cause the danger of collision, Fig. 1.

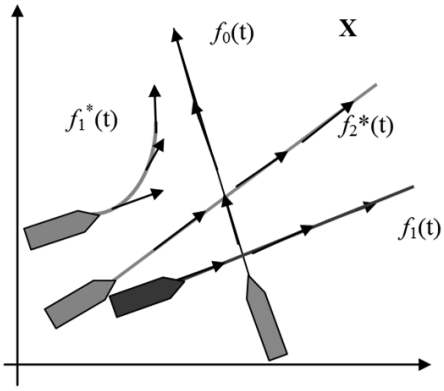


Figure 1 – The group of trajectories in the divergence task

To construct the expected trajectories, fig. 1, it is possible for the moment t_0 and further continuation is only the hypothesis of the development of the situation. We will strive to determine the trajectories of the targets for the duration of the divergence. For this it is possible to use statistics or information from the courts participating in the discrepancy. In this case, the main source of assessing the situation is radar assessment. By the end of the divergence we mean the moment when all trajectories are known exactly and there are no critical trajectories for all ships participating in the operation.

After identifying critical trajectories, the standard problem of divergence of ships with a known critical trajectory and constraints presented in the form of a set of non-critical trajectories is solved. Considering the set of divergence algorithms [2], we note that almost all of these algorithms are constructed as optimization problems, where the objective function is either to estimate the distance between ships or the divergence time [3 -5]. One of the fundamental elements in the theory of ship collision avoidance is the concept of the ship domain [6]. Here the task of unconditional provision of the ship's safety is solved in the absence of accurate information about

the strategy of the targets involved in the operation. Suppose that there is a maximum penalty for collision of ships $C_{\max}$. Since we have many insignificant and independent of each other causes of collision, it is advisable to take this penalty as a normal distribution of risk [7-9]. The bivariate normal risk distribution can be represented as:

$$f\left(\overset{\circ}{\mathbf{x}}\right) = \frac{\alpha}{\pi\sigma_x\sigma_y}\exp\left(-\alpha\,\overset{\circ}{\mathbf{x}}^T S\,\overset{\circ}{\mathbf{x}}\right). \tag{2}$$

Expression (2) allows to construct a risk field for the discrepancy task in the presence of uncertainties. It is very convenient to assess risks using the three sigma rule. So for a rendezvous less than 3σ, the collision probability is 0.997, which quite accurately determines the boundaries of the ship's contour in the task of divergence. At the same time, it is easy to determine the assessment of the risk of convergence of goals simply by adding their risks so for two goals with risks $C_{\max 1}$ and $C_{\max 2}$ we obtain an analytical form of risk assessment

$$C(\mathbf{x}) = C_{\max 1} f_1\left(\overset{\circ}{\mathbf{x}}\right) + C_{\max 2} f_2\left(\overset{\circ}{\mathbf{x}}\right) \tag{3}$$

Distribution (3) determines the risk assessment for the case of divergence of two ships. This makes it possible to use gradient procedures to solve the task of finding the optimal trajectory. Thus, a risk field is formed, Fig. 2 and it becomes possible to consider the formation of the target function for the optimization problem of divergence of ships.

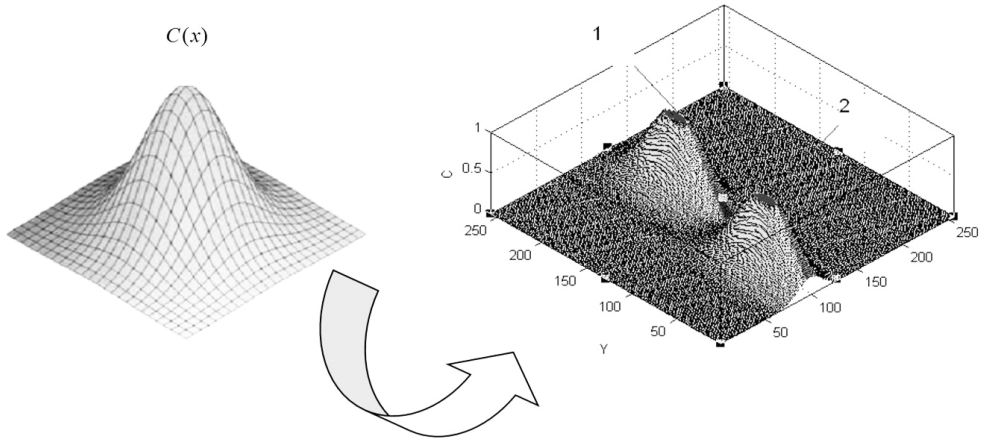


Figure 2 – Formation of the risk field in the problem of divergence of ships

Let us consider an example of the formation of a critical region field for the task of divergence of two goals. In the risk field of the problem, select lines of equal risk level and use arrows to designate the gradients of the risk field, Fig. 3.

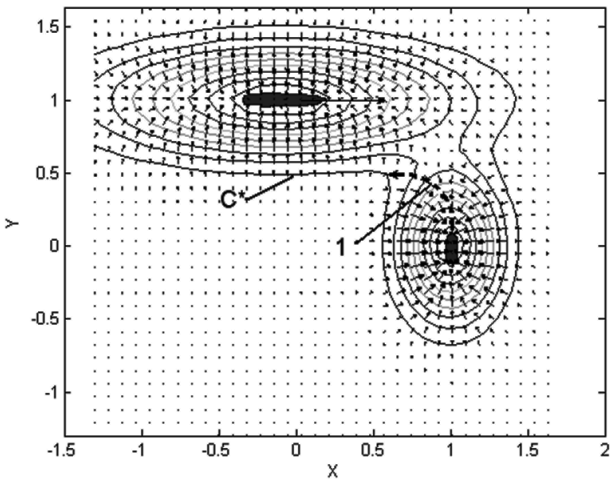


Figure 3 – Lines of equal level and gradients of the risk field in the problem of divergence of

goals

Mathematically, this task is solved as follows. Since the line of a given risk is a line of equal level for the second goal, it is sufficient to maintain a course perpendicular to the gradient field of the risk function of the second goal, taking membership in this line as a limitation. Here, the use of a broken line used for manual plotting is ineffective and implies automatic control of the vessel.

Figure 4 shows the result of modeling in MATLAB the discrepancy along the optimal sliding trajectory - the line of a given risk [10, 11].

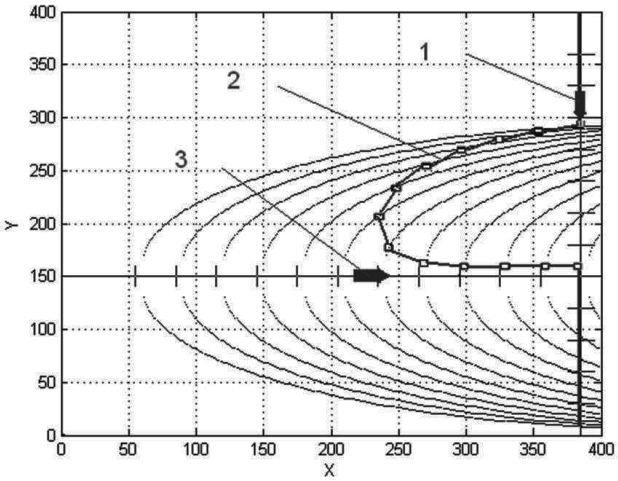


Figure 4 – Trajectory of sliding along the line of a given risk in the problem of divergence of ships

Conclusion. The above results of the study allow us to believe that the method for solving the task of divergence of ships using the field of expected risks provides: optimal trajectories of movement without exceeding the specified risk and minimality of the maneuver path, visualization of the navigation situation, simplicity of the calculation algorithm. In general, the considered algorithm is focused on "machine" methods of calculation, but it is also possible to use manual laying in the presence of a constructed risk field. The given simulation results and the simulation program make it possible to estimate the complexity of the method. The considered method for solving the problem allows us to set the task of taking into account the dynamic characteristics of ships and opens up the possibility of setting the problem of ensuring optimality for all participants in the operation.

REFERENCES

1. Kozynchenko A., Kozynchenko S. Applying the dynamic predictive guidance to ship collision avoidance: Crossing case study simulation / A. Kozynchenko, S. Kozynchenko // Ocean Engineering. - 2018. - № 164. - P. 640-649. doi:10.1016/j.oceaneng.2018.07.012.
2. Tam Ch.K., Bucknall R., Greig A. Review of collision avoidance and path planning methods for ships in close range encounters / Ch.K. Tam, R. Bucknall, A. Greig // Journal of Navigation. – 2009. - № 62(3). - P. 455-476. doi: 10.1017/S0373463308005134.
3. Wilson P., Harris C., Hong X. A Line Of Sign Counteraction Navigation Algorithm For Ship Encounter Collision Avoidance / P. Wilson, C. Harris, X. Hong // Journal of Navigation. – 2003. - № 56(1). - P. 111-121. doi: 10.1017/S0373463302002163.
4. Degre T., Lefevre X. Collision avoidance system / T. Degre, X. Lefevre // Journal of Navigation. - 1981. - № 34(2). - P. 294-302. doi: 10.1017/S0373463300021408.
5. Zinchenko S., Nosov P., Mateychuk V., Mamenko P., Grosheva O. Automatic Collision Avoidance with multiple targets, including maneuvering ones / S. Zinchenko, P. Nosov, V. Mateychuk, P. Mamenko, O. Grosheva // Radio Electronics, Computer Science, Control. -2019. - P. 211-221. doi: 10.15588/1607-3274-2019-4-20.

6. Bakdi A., Glad K., Vanem E., Engelhardtsen Ø. AIS-Based Multiple Vessel Collision and Grounding Risk Identification based on Adaptive Safety Domain / A. Bakdi, K. Glad, E. Vanem, Ø. Engelhardtsen // Journal of Marine Science and Engineering. – 2020. - № 8(1). doi: 10.3390/jmse8010005.

7. Zhang X., Zhang Q., Yang J., Cong Z., Luo J., Chen H. Safety Risk Analysis of Unmanned Ships in Inland Rivers Based on a Fuzzy Bayesian Network, Hindawi / X. Zhang, Q. Zhang, J. Yang, Z. Cong, J. Luo, H. Chen // Journal of Advanced Transportation. - 2019. doi: 10.1155/2019/4057195.

8. Zinchenko S., Tovstokoryi O., Nosov P., Popovych I., Kobets V., Abramov G. Mathematical support of the vessel information and risk control systems / S. Zinchenko, O. Tovstokoryi, P. Nosov, I. Popovych, V. Kobets, G. Abramov // CEUR Workshop Proceedings 2805. – 2020. – P. 335-354.

9. Bucknall R. Collision risk assessment for ships / R. Bucknall // Journal of Marine Science and Technology. – 2020. - № 15(3). – P. 257-270. doi: 10.1007/s00773-010-0089-7.

10. Klee H., Allen R., Simulation of dynamic systems with MATLAB and SIMULINK / H. Klee, R. Allen // Tailor & Francis Group, LLC. - 2011.

11. Chaturvedi D. Modeling and simulation of systems using MATLAB and SIMULINK / D. Chaturvedi // Tailor & Francis Group, LLC. - 2011.

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ МОДУЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ЗІТКНЕНЬ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО МОРСЬКОГО СУДНА

Маркітан В.В.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

Вступ. Розвиток електроніки, комп'ютерних технологій, систем зв'язку та навігації роблять розробку і побудову безпілотного автономного судна об'єктивною реальністю в самому недалекому майбутньому. Вже сьогодні відомі декілька проектів з розробки автономного безпілотного судна, в яких беруть участь найвідоміші та авторитетні компанії в царині судноплавства, університети, а також державні структури багатьох зацікавлених країн. Позитивні результати таких розробок, комп'ютерні та реальні моделі автономних суден і супутньої інфраструктури, плани подальших досліджень звернули на дану проблематику увагу Міжнародної Морської Організації (IMO). Так на 99-й сесії (16-25 травня 2018 роки) Комітетом з безпеки на морі (MSC) було схвалено попереднє поняття морського автономного судна (Maritime Autonomous Surface Ship (MASS)) як судна, яке в тій чи іншій мірі може управлятися незалежно від взаємодії з людиною, а також ступені автономності суден:

- судно з автоматизованими процесами і підтримкою прийняття рішень: екіпаж знаходиться на борту, щоб керувати і контролювати суднові системи і функції. Деякі операції можуть бути автоматизовані;
- дистанційно контрольоване судно з екіпажем на борту: судно контролюється і управляється з іншого місця, але екіпаж знаходиться на борту;
- дистанційно контрольоване судно без екіпажу на борту: судно контролюється і управляється з іншого місця. На борту немає екіпажу;
- повністю автономне судно: управляюча система судна здатна приймати рішення і визначати дії сама по собі [1].

Актуальність досліджень. Виходячи з даних визначень автономності стає ясно, що розробка автономної навігаційної системи є одним з ключових завдань у побудові автономного судна. Концептуальне рішення задачі побудови автономної навігаційної системи можна знайти в багатьох проектах, і більшість з них пропонує модульну структуру, де за кожен тип виконуваного завдання відповідає окремий модуль навігаційної системи. Як приклад можна розглянути проект AAWA (The Advanced Autonomous Waterborne Applications), учасниками якого є провідні університети Фінляндії, такі як: технологічний університет Тампере, академія Або, університет Аалто, університет Турку, а також лідери морської індустрії Rolls-Royce, DNV GL , Inmarsat, Deltamarin, NAPA, Brighthouse Intelligence, Finferries and ESL Shipping. В даному проекті автономна навігаційна система складається з чотирьох модулів:

- модуль планування маршруту - це програмно-апаратний модуль, який призначений для планування переходу з урахуванням обходу статичних перешкод і обмежень позначених на електронних картах;
- модуль ситуаційної обізнаності - це програмно-апаратний модуль, який об'єднує всі не-обхідні датчики (РЛС, відеокамери, тепловізори, ЛІДАР і ін.) з метою отримання достовір-ної та найповнішої інформації про ситуацію навколо судна при будь-яких умовах;
- модуль запобігання зіткнень - це програмно-апаратний модуль, який обробляє інфор-мацію, отриману від модулів планування маршруту і ситуаційної обізнаності, оцінює ризик зіткнення і в разі необхідності розраховує маневр судна для запобігання зіткнення з урахуванням заданих правил і параметрів безпеки;

- модуль визначення стану судна - це програмно-апаратний модуль, який об'єднує інфор-мацію з різних модулів навігаційної системи, а також з інших систем автоматизації судна для визначення поточного стану судна і його механізмів, визначає дозволений режим роботи судна (автономний, віддалений контроль оператором або аварійної зупинки), підтримує інформаційний канал зв'язку з оператором на березі [2, 3].

Так як всі модулі автономної навігаційної системи містять програмну складову, то для них повинні бути розроблені алгоритми їх функціонування для наступного створення відповідного програмного забезпечення. У цій доповіді розглянуте питання створення алгоритму роботи модуля запобігання зіткнень з урахуванням плавання від виходу з порту і до входу в порт.

Постановка задачі. Цілком очевидно, що в довгостроковій перспективі безпілотні автономні судна будуть експлуатуватися паралельно зі звичайними судами, керованими екіпажами. А це означає, що всі дії автономних суден повинні строго підкорятися існуючим нормативним документам, які схвалені в Міжнародній морській організації (IMO). Головним керівним документом в галузі плавання і маневрування в морі для всіх судноводіїв є правила МПЗЗС-72. Тому алгоритм роботи модуля попередження зіткнень автономної навігаційної системи повинен повністю виконувати вимоги МПЗЗС-72. Особливо необхідно звернути увагу на частину В – «Правила плавання і маневрування». Ця частина містить три розділи:

- Плавання суден за будь-яких умовах видимості;
- Плавання суден, що знаходяться на виду один у одного;
- Плавання суден при обмеженій видимості.

З цього випливає, що при розробці алгоритму модуля запобігання зіткнень також необхідно враховувати і стан видимості (за мірками зору людини). Розходження суден при наявності небезпеки зіткнення є складним маневром, будь-яка помилка загрожує важкими наслідками, тому необхідно передбачити можливість звернення модуля за підтвердженням дії або за допомогою від берегового оператора при будь-яких сумнівних операціях. Завдання, які повинен вирішувати модуль запобігання зіткнень:

1. Приймання та обробка інформації від модуля ситуаційної обізнаності;
2. Визначення небезпеки зіткнення чи надмірного зближення з іншими суднами або об'єктами за заданими критеріями;
3. Розрахунок маневру для розходження з небезпечними суднами відповідно до правил МПЗЗС-72;
4. Контроль ефективності маневру;
5. Розрахунок маневру «Останнього моменту» в разі раптової зміни ситуації;
6. Розрахунок маневру для повернення до первинних елементів руху і лінії путі;
7. Формування команд управління рульовим пристроєм і головним двигуном судна з урахуванням погодних умов;
8. Визначення сумнівних ситуацій і формування запиту береговому оператору для передачі управління судном оператору або підтвердження дій.

Успіх вирішення будь-якого завдання багато в чому залежить від початкової інформації, яка надходить в систему. В даному випадку джерелом початкової інформації є модуль ситуаційної обізнаності. Ця інформація повинна щонайменше містити:

1. Дані про елементи руху цілей (CPA, TCPA, курс, швидкість);
2. Пеленги та дистанції до цілей;
3. Навігаційний статус інших суден;
4. Стан видимості;
5. Курс і швидкість автономного судна;
6. Критерії безпеки з урахуванням району і умов плавання;
7. Наявність достатнього водного простору в прямому масштабі часу (згідно даних модулів планування маршруту і ситуаційної обізнаності);

8. Напрямок та швидкість вітру і течії;
9. Маневрені характеристики автономного судна в залежності від завантаження.

Результати досліджень. Блок-схема алгоритму роботи модуля запобігання зіткнень навігаційної системи автономного морського судна при плаванні поза акваторією порту зображена на рисунку 1. Перше завдання, яке повинен виконати модуль - це визначення небезпеки зіткнення чи надмірного зближення з об'єктом або іншим судном. Процес визначення небезпеки здійснюється постійно в прямому масштабі часу щодо всіх суден і об'єктів, які «бачить» модуль ситуаційної обізнаності. При визначенні небезпеки зіткнення модуль запобігання зіткнень повинен:

- Отримати дані про пеленг і дистанцію до судна, а також про дистанції найкоротшого зближення і часу найкоротшого зближення (CPA і TCPA). Ці дані повинні бути отримані від різних датчиків модуля ситуаційної обізнаності (наприклад РЛС і відеокамера з далекоміром і вимірювачем пеленга);
- Двома методами визначити небезпеку зіткнення. Якщо в процесі визначення небезпеки зіткнення будуть отримані неоднакові результати, то модуль запобігання зіткнень звертається до берегового оператора для підтвердження наявності небезпеки і переходить в режим очікування на час, залежний від величини TCPA. Якщо за відведений час берегової оператор не відповів на запит, то модуль приймає рішення про наявність небезпеки зіткнення і інформує про це берегового оператора. Інфор-мування берегового оператора про всі важливі рішення модуля і неоднозначність обов'язкова для запобігання розвитку ситуації «глобальної помилки».

Після визначення наявності небезпеки зіткнення модуль вирішує друге завдання - розраховує маневр для розходження з небезпечним судном. Для цього модуль повинен:

- Отримати інформацію про навігаційний статус небезпечного судна, його курс і швидкість, стан видимості, напрямок і швидкість вітру і течії;
- Визначити статус автономного судна при необмеженій видимості (судно, яке поступається дорогою або якому поступаються дорогою);
- Визначити наявність достатнього водного простору за даними від модулів планування маршруту і ситуаційної обізнаності;
- Вибрати вид маневру і розрахувати новий курс або швидкість в разі необхідності дати дорогу або при обмеженій видимості відповідно до заданих критеріїв безпеки і правил МПЗЗС-72;
- Вибрати вид маневру і розрахувати новий курс або швидкість в разі судна, якому повинні поступитися дорогою, відповідно до вказаної граничної дистанції для початку власного маневру;
- Повідомити береговому оператору про передбачувані маневри і перейти в режим очікування підтвердження від оператора на час, залежний від TCPA;
- Сформувати сигнали управління на рульовий пристрій або головний двигун з ура-хуванням маневрених характеристик автономного судна після підтвердження мане-вру оператором або після закінченні часу очікування;
- Сформувати звукові сигнали маневрування відповідно до правил МПЗЗС-72.

Після закінчення маневру розходження модуль вирішує третє завдання – розраховує маневр для повернення до первинних елементів руху. Для цього модуль повинен:

- Визначити наявність вільного водного простору за даними від модулів планування маршруту і ситуаційної обізнаності;
- Розрахувати час повернення до первинних елементів руху;
- Повідомити береговому оператору про передбачуване маневрування і перейти в режим очікування підтвердження на час, залежний від розрахованого часу повернення до первинних елементів руху;
- Сформувати сигнали управління на рульовий пристрій або головний двигун з урахуванням маневрених характеристик автономного судна після підтвердження маневру оператором або після закінченні часу очікування;

- Сформувати звукові сигнали маневрування відповідно до правил МПЗЗС-72.

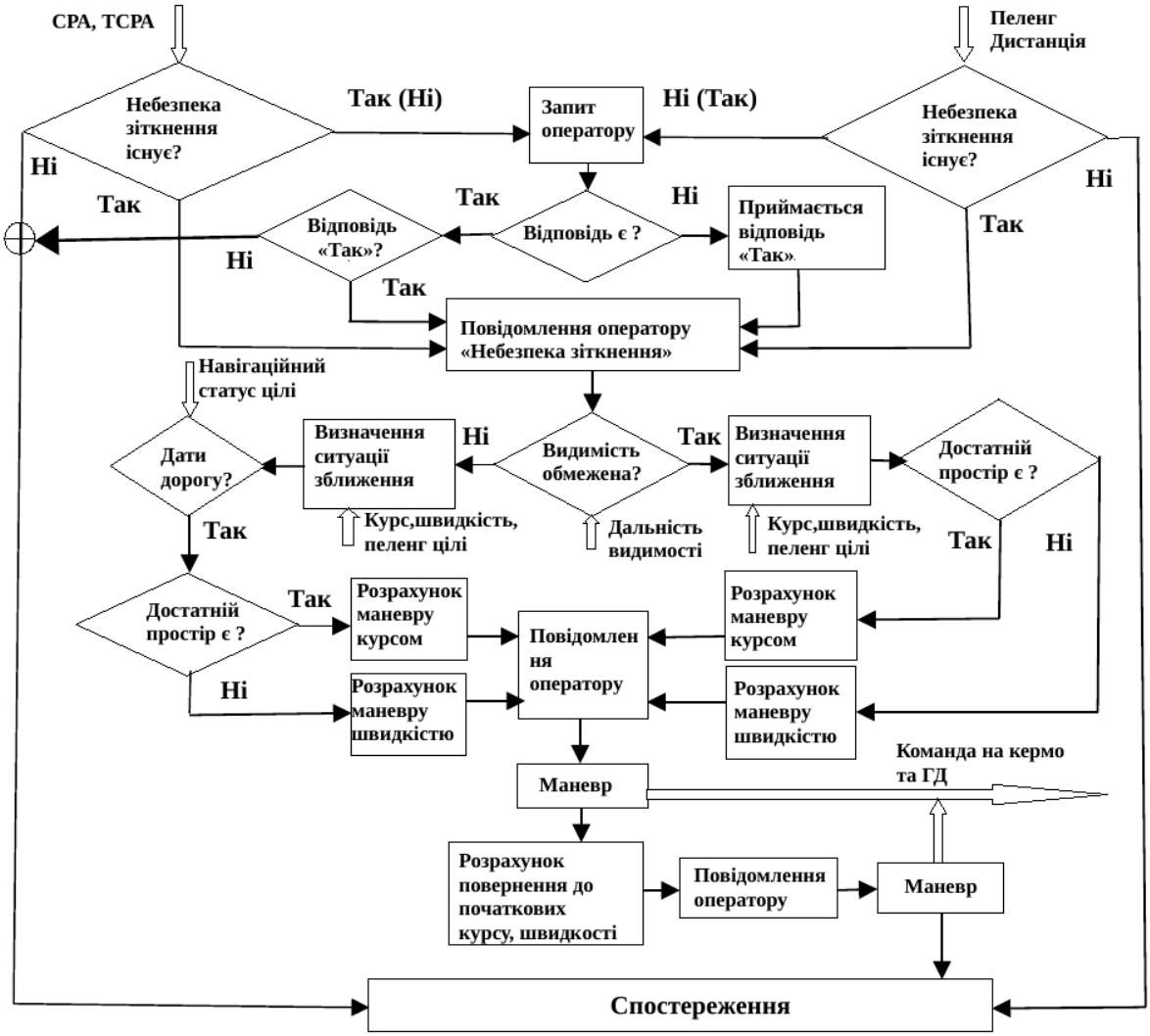


Рисунок 1 – Алгоритм роботи модуля запобігання зіткнень навігаційної системи автономного морського судна

Висновки. Отже, підсумовуючи все вище наведене, необхідно зазначити, що даний алгоритм є концептуальним і забезпечує вирішення завдань, які є основними під час визначення небезпеки зіткнення або надмірного зближення суден та їх розходження під час плавання поза межами портів та акваторій з дуже обмеженим простором. Він може бути застосований під час розробки програмного забезпечення для автономних суден. Звісно, алгоритм може потребувати корекції, яка буде залежати від практичного застосування та натурних випробувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. http://www.imo.org/en/mediacentre/pressbriefings/pages/08-msc-99-mass-scoping.aspx.
2. https://www.rolls-royce.com/~/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf.
3. https://www.rolls-royce.com/~/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf.

ПРАВИЛА ЕФЕКТИВНОСТІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНА

Плахтій О.О., Сліпуха Т.І.
Національний університет біоресурсів та природокористування України (Україна)

Експорт зерна у світі розвивається стрімкими темпами. Найбільшими світовими експортерами є Росія, Сполучені Штати Америки й Канада. Ці країни продають значні обсяги зерна в рік, частину реалізують через морські перевезення. Так, великими американськими портами є Південна Луїзіана і Х'юстон. У Канаді – Ванкувер. У Росії зернові перевезення здійснюють через порти Новоросійськ та Приморськ. Крім того, провідні морські порти світу знаходяться в КНР.

Практично у всіх морських портах Україні побудовано зернові термінали для тимчасового зберігання та перевалки зерна, яка включає завантаження суден. Більша частина зернових терміналів збудована та перебуває у володінні приватних зернотрейдерських компаній або ж створена на умовах державно-приватного партнерства. Така ситуація зумовлена досить високою конкуренцією на ринку експорту зерна та прагненням зернотрейдерів до максимальної автономізації своєї роботи на ринку.

Поряд з цим за усередненою вартістю перевалки у перерахунку за 1 тону українські порти поки що є дещо дорожчими, порівнюючи з європейськими. Причиною цього є не до кінця допрацьована інфраструктура, а також відсутність суден більшого тоннажу. Як відомо, чим більшою є місткість для вантажу, тим менша усереднена ціна на зерно в порту кожної тони перевезеної продукції.

Аби морський тип перевезення зерна був по-справжньому ефективним, важливо дотримуватися правил. Відсіки із зерном повинні бути максимально заповнені. Це життєво необхідна вимога, закріплена в нормативних документах – Конвенції СОЛАС, Резолюції Асамблеї ІМКО, Кодексі безпечного навантаження та ін. Хоч можливі і різночитання в цифрових чи процентних показниках, оскільки на момент завантаження і після навіть незначної качки отримаємо різні результати.

Зерновий вантаж піддається обов'язковій штивці, а саме переміщенню вантажу у вантажному приміщеннях судна з метою його розрівнювання або заповнення підпалубних пустот. Зазвичай це проводиться при навантаження навалочних і насипних вантажів. Розрівнювання поверхні забезпечить мінімальні значення зсуву, відповідно – загроза крену (іноді перекидання) менша. Здійснюється автоматизованим способом або вручну з обов'язковим дотриманням техніки безпеки.

Остійність судна повинна відповідати кількості, фізико-біологічним властивостям вантажу. Відповідальний за виконання правила – капітан, який звіряє інформацію в супровідних документах на зерно та судновій технічній документації, за необхідності він же виконує додаткові розрахунки. Це дозволяє отримати документи схвалення, без яких заборонено виходити з порту.

Можливе встановлення тимчасового обладнання для кріплення:

- спеціальних поздовжніх перебірок для зменшення, по-перше, моменту крену, по-друге, висоти шару зерна;
- суцільного дощатого настилу (стропінг-метод);
- бандлінга;
- живильників, шифтинг-бордсів.

Допускається заповнення вільного місця відсіків зерном у мішках. Останнім часом використовується рідко через трудомісткість, тривалість процесу мішкування.

Завантаження обов'язково здійснюється за вантажним планом, з урахуванням усіх способів – повністю, частково, комбіновано; типу судна; кількості, властивостей вантажу. Простіше скласти карго-план, ураховуючи вантажопідйомність/місткість, для однорідних

вантажів; трохи складніше – для різнорідних (прораховуючи вагу, плинність, різкі запахи, послідовність вивантаження). Очевидно, що після повного завантаження, не повинно бути навіть натяку на крен.

Національні вимоги і правила в своїй основі базуються на вимогах міжнародних документів, які відтворюють специфіку і транспортні характеристики вантажу в умовах знаходження його на судні в процесі перевезень.

Зернова маса – складна біологічна система, сукупність живих організмів, які за певних умов проявляють свою життєдіяльність (дихання, живлення, розмноження тощо). Внаслідок цього втрачається маса сухих речовин, погіршується якість зернового вантажу. Процеси, які відбуваються в зерновій масі внаслідок життєдіяльності живих компонентів, що входять до її складу, називаються фізіологічними. Це дихання, самопроростання, самозігрівання. Знання і врахування фізичних властивостей зернових мас набувають особливого значення у зв'язку з небезпечністю їх при перевезенні морем.

Один з найбільш ефективних і популярних методів боротьби з комахами - шкідниками зерна, як під час зберігання на складах, так і в процесі морського перевезення є фумігація зернових вантажів. Фумігація полягає в обробці зерна газами-інсектицидами (фумігантами), найпоширенішими серед яких є фосфід водню (фосфін) і бромистий метил. Ці речовини є сильнодіючими отрутами, вони впливають на зернову масу протягом певного часу, в результаті цього комахи гинуть від отруєння.

Таким чином знання сучасної технології морських перевезень, виконання вимог відносно вантажів і суден обумовлюють ефективність и якість перевезень вантажів і забезпечують безпеку вантажу, суден і, що саме важливе забезпечують безпеку людського життя на морі.

Рисунок 1 – Завантаження судів-зерновозів

ЛІТЕРАТУРА

1. Безкровний Є.М., Тихоніна І.І. Технологія морських перевезень: Навчальний посібник / Є.М. Безкровний, І.І. Тихоніна – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2015. – 277 с. : рис., табл. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.sworld.com.ua/files/uchebnik/ucheb-ua-020.pdf.

2. Експорт зерна через морські порти. Електронний ресурс. Режим доступу: https://ambarexport.ua/blog/grain-export-through-seaports.

3. Електронний ресурс. Режим доступу: https://consumerhm.gov.ua/1209-shcho-take-fumigatsiya-i-dlya-chogo-vona-vikoristovuetsya.

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ НЕОБХІДНОСТІ ЗМІНИ КУРСУ ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ

Терентьєв В.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Висока щільність трафіку суден, що працюють в морі, а також в узкостях і портових водах, високі швидкості, що розвиваються сучасними судами, здійснюють негативний вплив на безпеку судноплавства - скоротився час, наявний у судноводія на оцінку ситуації зближення суден, на правильний маневр і прийняття рішення про початок виконання маневру і, як наслідок неправильний вибір маневру, що вимагає додаткової зміни курсу або зміни швидкості.

При маневруванні суден в групі, основною причиною аварійності є те, що судноводії різних суден, які є учасниками одного і того ж маневру, не завжди об'єктивно оцінюють ситуацію, що склалася, і неправильно приймають рішення при ситуації небезпечного зближення і виникнення небезпеки зіткнення.

Актуальність дослідження. Так, проведене дослідження маневрування власного судна задля запобігання зіткнення, зведено в таблиці 1. Як видно з табл. 1, у випадках 1, 3, 6, 7, 9 виникла необхідність великої зміни первісного курсу судна, а повернення на програмну траєкторію зайняло від 40 - до 60 хвилин, що в свою чергу впливає на загальну кількість часу, витраченого на виконання маневрів протягом морського переходу та складе час затримки судна в рейсі. Також це вказує на те, що була велика зміна курсу власного судна, що є ознакою несвоєчасності початку маневру або невірним вибором курсу ухилення і, як наслідок, додаткова зміна курсу у бік збільшення дистанції найкоротшого зближення. Все зазначене вище вказує на невірну оцінку ситуації зближення суден. У випадках 4, 8, 10 час повернення на програмну траєкторію руху складає від 20 до 40 хвилин, що вказує на несвоєчасність початку маневру, або помилкову оцінку ситуацію зближення. У випадках 2 та 5 час повернення на програмну траєкторію складає від 10 до 20 хвилин, що вказує на своєчасність прийняття рішення та початку виконання маневру розходження.

Таблиця 1 – Зведена таблиця маневрування власного судна

Block A												Block B				
№	Own Course, °	Own SOG, kn	IMO number / MMSI	Vessel's Name	Ship's Course, °	Ship's SOG, kn	CPA, miles	TCPA, min	BCR, miles	BCT, min	DISTANCE, miles	Decision Action Taken Time, min	Maneuvering Time, min	Avoidance Course, °	Avoidance Speed, kn	Initial Course/Speed Time, min
1	192	18,6	9684213	HOPA	13	13,9	0,027	21:11	-0,45	21:38	24,9	10	6	188	18,6	49
2	227	18,9	311478000	NAVIGATOR OF THE SEA	77	5,5	0,45	13:08	---	---	1,65	12	4	229	18,9	19
3	196	19,4	9521851	SAN	228	3,3	0,008	47:55	0,375	22:35	14,97	18	4	192	19,4	60
4	192	18,3	248895000	ALYARMOUK	352	12	1,03	10:30	0,8	08:54	1,82	3	5,5	188	18,3	21
5	194	18,3	9442641	FLC LONGIVITY	12	12,9	0,669	07:31	-11,6	05:04	3,93	10	4	197	18,3	12
6	180	17,9	---	Ecuadorian coastal fishing boats	---	0,1	0,02	11:58	0,01	10:00	2,2	2	10	190	17,9	45
7	118	12,2	---	Guayaquil coastal fishing boats	195	6,5	0,11	15:02	0,08	15:00	1,6	5	12	135	12,2	45
8	35	19,2	9275024	HSL SHEFFIELD	235	15,6	0,51	26:13	---	---	8,1	5	5	40	19,2	34
9	293	18,9	9395551	SEABOARD PATRIOT	202	17,3	0,7	30:05	0,4	04:48	12,8	10	4	296	18,9	41
10	334	15,5	9759185	DORAJI GAS	5	17,3	0,8	11:28	0,75	10:43	4,3	10	8	334	14,3	25

Big loss of time, small distance or time for reaction. Not acceptable
Medium loss of time, distance or time for reaction. Acceptable
Small loss of time, bigger distance or time for reaction. Most preferab

Автоматизація процесу вибору курсу ухилення не так широко висвітлена в сучасних наукових дослідженнях по судноводінню, хоча пошук шляхів підвищення ефективності маневрування і безпеки судноплавства досліджуються багатьма вченими [1-3].

Автоматизація процесу вибору маневру розходження суден, і як частина цього процесу, автоматизація вибору курсу ухилення є актуальною темою дослідження.

Постановка задачі. З урахуванням вище зазначеного, автоматизація вибору курсу ухилення, як складової повної автоматизації процесу розходження, залишається актуальною темою наукового дослідження, тому в статті поставлена наступна задача - розробка алгоритму стратегії зміни курсу.

Результати досліджень. При появі ситуаційного збурення ω_{ij} виникає взаємодія B_z, яке має погоджувати маневри суден, що зближуються, і передбачає розробку узгоджених стратегій кожному із взаємодіючих суден [3-7].

Як показав аналіз МППСС - 72, правила містять дві незалежні системи координації: для хорошої і поганої видимості. У свою чергу, в разі хорошої видимості, підмножину збурених ситуацій Sω відповідно до Правила 17 можливо декомпозувати на три області взаємних обов'язків $S\omega_1$ ... $S\omega_3$ [3-7].

З кожною із зазначених областей Sωi пов'язані різні типи взаємодії, регламентовані МППСС - 72 в частині маневрування при виникненні загрози зіткнення:

Перша область $S\omega_1$, для якої пропонується стандартна взаємодія, коли привілейоване судно зобов'язане зберігати параметри руху, а судно - ціль виконує маневр розбіжності [3-7].

Друга область $S\omega_2$ характеризується активізованою взаємодією, коли привілейоване судно отримує право змінювати параметри руху на свій розсуд [3-7].

Третя область $S\omega_3$ відповідає випадку екстреної взаємодії, коли обидва судна зобов'язані маневрувати для попередження зіткнення [3-7].

Основним принципом координації, який покладено в основу МППСС - 72, є встановлення відносини пріоритету на парі взаємодіючих судів. При цьому взаємини пріоритету можуть бути жорсткими, як у першому типі взаємодії (перша область взаємних обов'язків судів), коли жорстко регламентується однозначна поведінка кожного з взаємодіючих суден, або напівжорстке, - в другому типі координації, коли однозначно регламентується поведінка тільки судна, позбавленого пріоритету [3-7]. З урахуванням цього в разі екстреної взаємодії характерна відсутність пріоритетів, однак на відміну від першого типу взаємодії є жорстка вимога однозначної активної поведінки обох суден, причому відсутня координація їх дій.

Для встановлення відносини пріоритету в МППСС - 72 введені дві системи, одна з яких призначає пріоритет суднам, які взаємодіють в разі обгону (правило 13 МППСС - 72), а друга у всіх інших ситуаціях, причому вона містить сім рівнів, упорядкованих відносин пріоритету: малі судна, судна з механічним двигуном, парусні судна, рибальські судна, судна стисненні осадкою, судна обмежені в можливості маневрувати і, нарешті, судна, які не можуть управлятися (правила 9, 10 і 18) [3-7].

У разі якщо судна належать одному рівню, то призначення пріоритетів передбачено тільки для рівнів: суден з механічним двигуном і вітрильних суден (правила 12, 14 і 15), причому тільки в цьому випадку є вимоги і рекомендації по вибору сторони ухилення при розходженні [3-7].

Отже, в залежності від приналежності початкової ситуації суден однієї з областей взаємних обов'язків, правилами пропонується тип взаємодії і координації, які в разі потреби визначають ставлення пріоритету і ступінь його жорсткості, враховуючи при цьому належність кожного з взаємодіючих суден одному з раніше перерахованих семи рівнів [3-7].

Спираючись на вище зазначене, можна побудувати алгоритм загальної стратегії вибору курсу ухилення (рис. 1) для запобігання зіткнення суден, або небезпечного зближення, яка буде полягати в наступному: власне судно, далі базове судно, з параметрами руху Кс та Vc та судно-ціль з параметрами руху Кі та Vi мають також сумісні параметри руху - відстані l_{ij} та пеленгу a_{ij} або параметри відносного руху K_{otij} та V_{otij}. За результатом аналізу ситуації зближення визначається належність маневруючих суден до підмножин збурених ситуацій Sω або до підмножини безпечних ситуацій Ss. В залежності від приналежності до певних підмножин буде визначена наявність ситуаційного збурення ω_{ij} та виникнення необхідної взаємодії Bz для переведення в підмножину безпечних ситуацій Ss.

Якщо ситуаційне збурення ω_{ij} існує і виникла необхідність взаємодії B_z, то по перше, необхідно визначити до якої області взаємних обов'язків належить судно $S_{\omega 1}$, $S_{\omega 2}$ або $S_{\omega 3}$. У тому разі коли судно належіть до області взаємних обов'язків $S_{\omega 1}$, судно повинно зберігати параметри руху, тобто необхідності в виборі курсу ухилення K_y не виникає. При

цьому повинна контролюватися дистанція найкоротшого зближення d_{min}, яка в свою чергу поділяється на гранично допустиму дистанцію d_{dop}, при досягненні якої судно переходить в область $S_{\omega 2}$, та d_{mindop}, при якої судно переходить в область $S_{\omega 3}$.

Якщо власне (оперуюче) судно повинно поступитися дорогою, то виникає необхідність вибору курсу ухилення $К_у$.

Цей процес повинен повторюватися до моменту $К_{yi+n} \leftrightarrow К_у$, коли дистанція між власним судном і судном ціллю перестане зменшуватися і буде дорівнювати lрозij = d_{min} та далі судно-ціль буде пройдено і оставлене позаду.

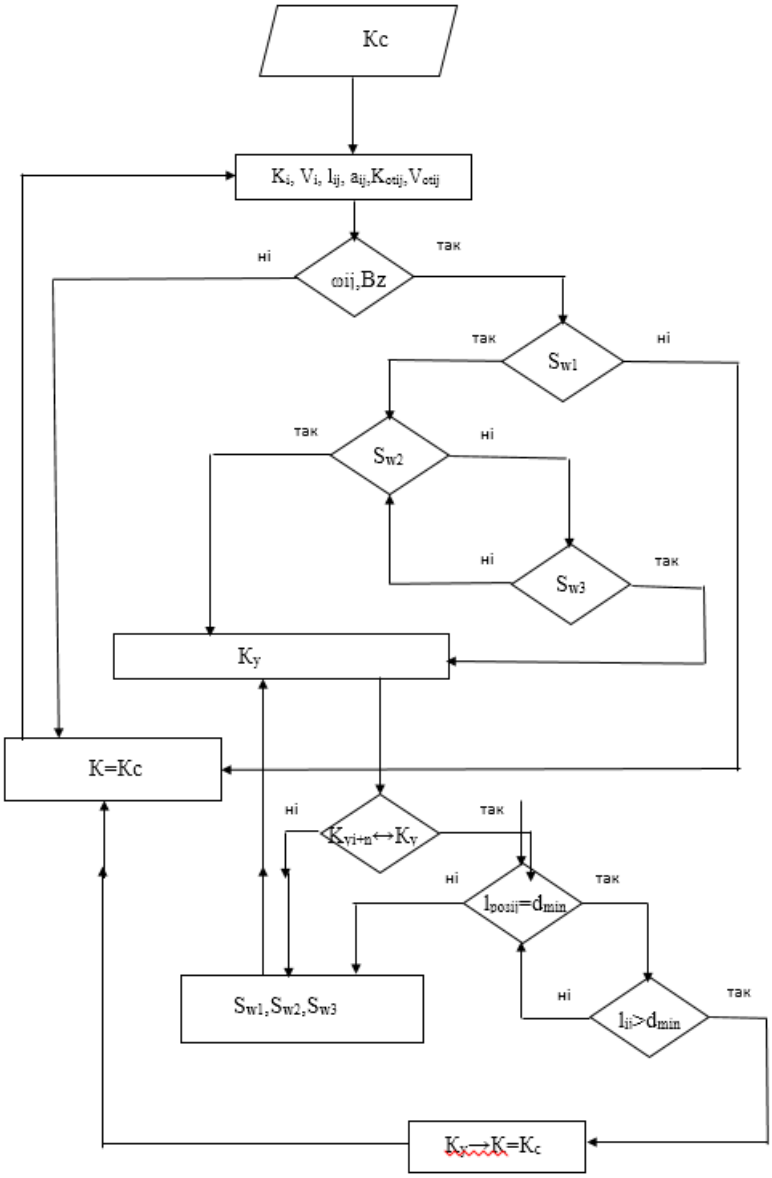


Рисунок 1 – Алгоритм загальної стратегії вибору курсу ухилення

Ознакою достатності курсу ухилення $К_у$ буде збільшення дистанції між власним (оперуючим) судном та судном-ціллю, тобто буде виконуватися умова, коли дистанція розходження lрозij = d_{min}, при цьому кінцем маневру розходження можна вважати момент, коли дистанція між суднами почне збільшуватися і $l_{ij} > d_{min}$.

Наступним кроком є повернення до траєкторії програмного руху, тобто новим значенням заданого курсу Кз буде курс К, яким прямувало судно до початку виконання маневру і по досягненню якого задачу можна вважати виконаною.

Висновки. Описати систему керування рухом однією загальною моделлю виявляється надзвичайно важким завданням, тому що така система буде включати в себе

моделі всіх підсистем, починаючи з нижніх, а також обробку їх параметрів та зв'язків. Ефективна модель такої системи – це складний опис, що включає комплекс моделей підсистем різних рівнів. А розробка алгоритму визначення саме необхідності вибору курсу ухилення – початкова частина побудови такої складної моделі. Тому цей алгоритм буде вказувати на появу виниклої небезпеки зіткнення. Це, в свою чергу, призводить до розуміння необхідності використання моделей розходження або запобіганню зіткнення. В результаті, такий алгоритм - це ще один шлях підвищення ефективності маневрування і безпеки судноплавства в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зинченко С.Н., Ляшенко В.Г., Расхождение с маневрирующими целями «Науковий вісник Херсонської державної морської академії» 2017, №2(17) – с. 36 – 43.

2. Бень А.П., Носов П.С., Паламарчук І.В., Створення систем підтримки прийняття рішень судноводія з урахуванням людського фактору під час позаштатних умов. Матеріали XI Міжнародної науково практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (МІНТ - 2019)», Херсон – 2019 – с. 9 – 10.

3. Волков Є.Л., Аналіз маневрування суден у групі при зближенні декілька суден. Матеріали XII Міжнародної науково практичної конференції Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (МІНТ - 2019), Херсон – 2020 – с. 192 – 195.

4. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака, Э.Н Пятаков, А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

5. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении / А.С. Мальцев, Е.Е. Тюпиков, И.И. Ворохобин – Одесса: Морской тренажерный центр, 2013. – 304 с.

6. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.

7. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ ИХ ТОРМОЖЕНИЕМ

Федоров Д.Б., Козаченко Ю.Н., Козаченко А.Ю.
Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Одной из наиболее приоритетных проблем обеспечения безопасного мореплавания является снижение аварийности судов в стесненных водах. Так как аварийность от столкновения судов находится на высоком уровне, то необходима разработка современных методов предупреждения их столкновений.

Следовательно, разработка методов совершенствования процесса расхождения судов в стесненных водах, в частности их торможением, чему посвящена данная статья, является актуальным научным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Основные вопросы предупреждения столкновения судов освещены в работах [1] и [2], причем в работе [2] рассмотрены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения судов, а работа [1] посвящена методу формирования гибких стратегий расхождения. Основные вопросы проблемы синтеза и отображения навигационной ситуации и технические средства, направленные на их решение, отражены в работе [3].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью статьи является разработка процедуры определения оптимального маневра расхождения судов их торможением.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Для выбора безопасного маневра расхождения при его внешнем управлении торможением обоих судов, следует в момент времени $t_0 = 0$ начать торможение обоих судов (активное или пассивное) до скоростей расхождения V_{1y} и V_{2y}, которые необходимо определить, и они должны минимально отличаться от начальных значений соответствующих скоростей V_1, V_2.

Выбор скоростей расхождения V_{1y} и V_{2y} производится таким образом, чтобы достигалось равенство прогнозируемой дистанции кратчайшего сближения $D_{min}(V_{1y}, V_{2y})$ с предельно-допустимой дистанцией сближения D_d, т. е. $D_{min}(V_{1y}, V_{2y}) = D_d$ к моменту времени окончания переходного процесса. После чего суда с пониженными скоростями следуют до момента времени кратчайшего сближения, после чего увеличивают скорости до начальных значений.

Предположим, ситуация опасного сближения судов для начального момента времени $t_0 = 0$ характеризуется пеленгом α_0 и дистанцией D_0. Так как пеленг α_0 задается с первого судна на второе, то для первого судна целесообразно принять начальные координаты $X_{10} = 0$ и $Y_{10} = 0$. Тогда начальные координаты второго судна имеют значения $X_{20} = D_0 \sin\alpha_0$ и $Y_{20} = D_0 \cos\alpha_0$.

В дальнейшем при движении судов их координаты X_{1t}, Y_{1t}, X_{2t} и Y_{2t}, а также текущие значения дистанции D_t и пеленга α_t изменяются. Через c_{mx} обозначим судно, переходной период изменения скорости которого больше или равен длительности общего переходного процесса t_p. Судно с меньшим переходным периодом обозначим c_{mn}. Если

время начала маневра расхождения t_n равно начальному моменту времени t_0, то суда в течение переходного процесса t_p проходят дистанции:

$$D_{mx} = S_{mx}, \; D_{mn} = S_{mn} + V_{mny}(t_p - \tau_{mn}),$$

где S_{mx} и S_{mn} - расстояния, которые проходят соответственно суда c_{mx} и c_{mn} за время изменения скоростей τ_{mx} и τ_{mn}.

К моменту времени окончания общего переходного процесса t_p координаты судов X_{mxp}, Y_{mxp}, X_{mnp} и Y_{mnp} определяются следующими выражениями:

$$X_{mxp} = D_{mx} \sin K_{mx} = S_{mx} \sin K_{mx};$$

$$Y_{mxp} = D_{mx} \cos K_{mx} = S_{mx} \cos K_{mx};$$

$$X_{mnp} = D_{mn} \sin K_{mn} = [S_{mn} + V_{mny}(t_p - \tau_{mn})] \sin K_{mn};$$

$$Y_{mnp} = D_{mn} \cos K_{mn} = [S_{mn} + V_{mny}(t_p - \tau_{mn})] \cos K_{mn}.$$

Выражения пеленга α_p и дистанции D_p на момент времени окончания общего переходного процесса t_p имеют вид:

$$D_p = \sqrt{(X_{mxp} - X_{mnp})^2 + (Y_{mxp} - Y_{mnp})^2},$$

$$\alpha_p = \arcsin \frac{X_{mxp} - X_{mnp}}{D_p}.$$

В момент времени окончания переходного процесса t_p, скорости движения обоих судов, как и относительный курс K_{otp}, становятся постоянными, а величина дистанции кратчайшего сближения судов D_{min} рассчитывается с помощью формулы:

$$D_{min} = \Delta_p D_p \sin(K_{otp} - \alpha_p),$$

где $\Delta_p = \mathrm{sign}[\sin(K_{otp} - \alpha_p)]$.

Задаваясь значением скорости V_{1y} первого судна, рассчитываем значение скорости V_{2y} второго судна, при которой вычисленное значение D_{min} равно величине D_d. В случае $D_{min}(V_{1y}, V_{2y}) < D_d$ безопасное расхождение судов со скоростью V_{1y} невозможно.

При выполнении маневра расхождения изменением скоростей пары судов возможны четыре варианта выбора режимов торможения, для каждого из которых величины τ_{1y}, τ_{2y}, S_1 и S_2 первого и второго судов рассчитываются по формулам, приведенным в работе [2].

Путем сравнения полученных величин τ_{1y} и τ_{2y}, определяются координаты судов X_{mxp}, Y_{mxp}, X_{mnp} и Y_{mnp}.

Задаваясь скоростью V_{1y}, начиная со скорости $V_{2y} = V_2$, и уменьшая ее в каждом цикле на выбранное значение ΔV_{2y}, рассчитываются значения D_{mx} и D_{mn}, а затем – дистанция кратчайшего сближения D_{min}, которая сравнивается с предельно-допустимой

дистанцией D_d. Циклические повторения вычислений продолжаются до тех пор, пока не наступит равенство $D_{min}(V_{1y}, V_{2y}) = D_d$, которое определяет искомое значение V_{2y}.

Значения скорости V_{1y} задаются из диапазона $V_{1y} \in [V_1, V_{1min}]$, где V_{1min} - минимальная скорость, при которой управляется судно. По описанному алгоритму для каждого значения скорости V_{1y} из указанного диапазона рассчитывается скорость V_{2y}, удовлетворяющая равенству $D_{min}(V_{1y}, V_{2y}) = D_d$, в результате чего получим безопасный маневр расхождения судов с учетом инерционно-тормозных характеристик их торможения. Для каждого из безопасных маневров расхождения судов рассчитываем приращения скоростей $\Delta V_1 = V_1 - V_{1y}$ и $\Delta V_2 = V_2 - V_{2y}$, а также критерий оптимальности $Q = \Delta V_1^2 + \Delta V_2^2$. Из полученного множества маневров расхождения (V_{1y}, V_{2y}) в качестве оптимального выбирается тот, у которого $Q = \min$.

На рис. 1 приведен алгоритма выбора оптимальных скоростей маневра расхождения судов торможением.

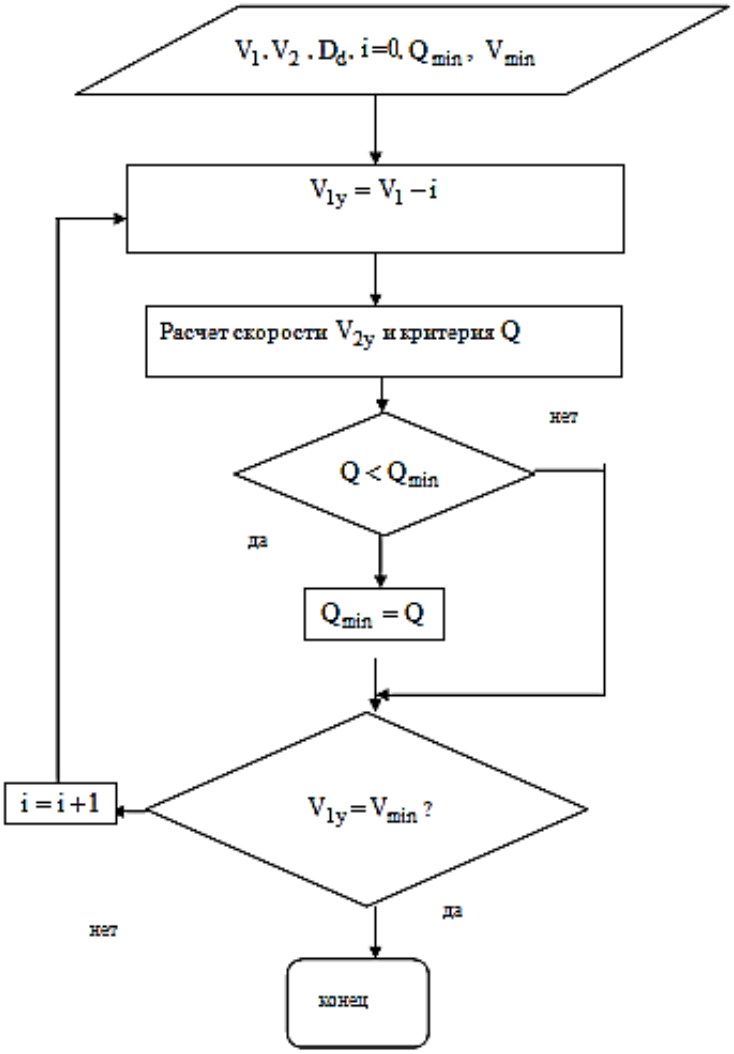


Рисунок 1 – Алгоритм выбора оптимального маневра расхождения торможением

Для расчета скоростей оптимального маневра расхождения судов торможением была разработана компьютерная программа. В качестве примера была рассмотрена ситуация опасного сближения судов с параметрами: пеленг α=154°, дистанция D=4 мили, параметры движения судов $K_1 = 237°$, $K_2 = 278°$, $V_1 = 15$ узлов и $V_2 = 20$ узлов, $D_d = 1$ миля.

С помощью компьютерной программы, используя приведенную ситуацию опасного сближения, для всех четырех вариантов торможения судов были рассчитаны оптимальные скорости торможения V_{1y} и V_{2y}. При расчете допускалось, что оба судна имеют одинаковые инерционно-тормозные характеристики.

Результаты расчета оптимальных скоростей торможения V_{1y} и V_{2y} представлены в таблиці 1.

Таблица 1 – Результаты расчета оптимальных скоростей торможения

Варианты торможения	V_{1y}	V_{2y}	ΔV_1	ΔV_2	Q
актив., актив.	14,7	14,4	0,3	5,6	31,45
пассив., пассив.	14,6	14,2	0,4	5,8	33,80
актив., пассив.	14,7	14,3	0,3	5,7	32,58
пассив., актив.	14,5	14,2	0,5	5,8	33,89

Выводы. Получена процедура определения оптимального маневра расхождения судов их торможением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.

2. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака., Э.Н Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

3. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика./ Вагущенко Л.Л. – Одесса: Латстар, 2003. – 168 с.

ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА МОРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

Шимко Ю.М., Ачкевич О.М.
Національний університет біоресурсів та природокористування України (Україна)

За даними Держмитслужби за результатами 2019/2020 маркетингового року Україна оновила рекорд з експорту зернових – 57,2 млн. тон.

Максимально ефективні способи доставки зернових вантажів – суходолом, водою, повітрям. Критерії, які беруться до уваги при виборі способу транспортування:

- вартість;
- швидкість;
- можливі обсяги;
- регулярність;
- умови;
- спеціальне обладнання;
- різновиди, розміри втрат;
- безпека.

Левова частка зернової продукції експортується з України через морські порти. Така інфраструктурна ситуація склалася історично з огляду на багаторічний розвиток як портової інфраструктури, так і під'їзних шляхів до Чорного та Азовського морів. Хоча останній фактор на сьогодні виглядає досить проблемно.

Доставка морем за вищеперерахованими критеріями виявляється цілком прийнятним варіантом – універсальним, надійним, рентабельним. Морське перевезення зерна – питання, актуальне в XXI столітті не менше, ніж у IX (коли слов'яни освоювали шлях «із варяг у греки», активно використовуючи річкові та прибережні морські пересування).

Впродовж тисячоліть вітчизняне зерно звозиться на південь України. Урожай, вирощений переважно у лісостепових регіонах, спрямовується до морських портів, а звідти розвозився вантажними суднами по всьому світу. До сьогодні у портових містах створена інфраструктура, яка дає змогу перевалювати зернову продукцію потужністю 70 млн.т і більше. Для порівняння – із початку маркетингового сезону 2018/2019 із вітчизняних портів було відвантажено понад 49 млн. т зерна. Тому інфраструктуру морських портів України можна назвати доволі розвиненою і такою, що має великий потенціал для розвитку.

Рисунок 1 – Миколаївський морський торговельний порт

Рисунок 2 – Морський порт Чорноморськ

Зрозуміло, що небезпека незбереження тривожила перших мореплавців так само, як сучасних. Однак статистично водне транспортування, зокрема морське – цілком безпечне.

Також нормативна база морських вантажних перевезень ще не досить досконала і потребує постійної праці з метою одержання об'єднаних даних по різним вантажам та способам їх перевезень. Документами, які регламентують різні питання бережливого перевезення вантажів вважаються правила перевезення того, чи іншого вантажу, кодекси, технічні умові перевезень, тимчасові технічні умови, різного роду інструкції та інші керівні документи. Основними документами є Міжнародна конвенція по захисту людського життя на морі (СОЛАС 74), Міжнародна конвенція по перевезенню небезпечних вантажів, вимоги про попередження забруднення моря (МАРПОЛ) та інші.

Морський транспорт знаходиться в динаміці, постійно змінює свої архітектурно-конструкційні особливості та характеристики. Вітчизняний морський вантажний флот потребує великих капіталовкладень. Особливо для оснащення вантажного флоту сучасними типами суден, такими як контейнеровози, ролкери, пароми, пакетовози, ліхтеровози, рудовози, зерновози, танкери та ін.

Перераховані судна-зерновози мають ряд особливостей. По-перше, це рівень спеціалізації та призначення судна. Для транспортування зерна використовуються вантажно-пасажирські судна, універсальні вантажні, комбінованого типу, а саме наливні чи суховантажі, змішаної спеціалізації, наприклад лісозерновози, вузькоспеціалізовані.

Зерно морем може перевозитися в трюмах, частково в тарі (мішках), контейнерах. Кожен тип морських суден, а відповідно – різновид перевезення, має переваги й недоліки, які стосуються потенційної небезпеки, збереження, вартості завантаження-вивантаження.

По-друге, вибір судна залежить від району плавання. Зернові можуть доставлятися суднами необмеженого морського плавання чи обмеженого, прибережного, місцевого чи рейдового, змішаного морського чи річкового, винятком буде хіба що льодове плавання. Найбільш поширений варіант – середньотонажні судна, із середньою довжиною пробігів, що курсують між портами Чорного, Середземного, Червоного морів.

По-трете, існують критерії, на які орієнтуються фахівці морської справи, а саме мореходні якості. Проте і зерновласнику не зайвим буде ознайомитися з характеристиками обраного засобу доставки, у тому числі з показниками плавучості, остійності, непотоплюваності. Це, а також міцність корпусу, потужність двигунів, професіоналізм команди можуть стати вирішальними факторами в нестандартній ситуації, яких у відкритому морі більш ніж достатньо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перевезення зернових вантажів морським транспортом. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.nuos.edu.ua/upload/iblock/037/GORN.pdf.

2. Безкровний Є.М., Тихоніна І.І. Технологія морських перевезень: Навчальний посібник / Є.М. Безкровний, І.І. Тихоніна – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2015. – 277 с. : рис., табл. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.sworld.com.ua/files/uchebnik/ucheb-ua-020.pdf.

3. Електронний ресурс. Режим доступу: https://agro.me.gov.ua/ua/news/oficijno-u-20192020-mr-ukrayina-onovila-rekord-z-eksportu-zernovih-572-mln-tonn.

4. Експорт зерна через морські порти. Електронний ресурс. Режим доступу: https://ambarexport.ua/blog/grain-export-through-seaports.

СЕКЦІЯ:

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В СТРОКАХ ТРЕУГОЛЬНИКА ПАСКАЛЯ И ЕГО ГАУССОВСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ

Абрамов И.М.
Херсонский Национальный технический университет
(Украина)
Абрамов Г.С.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы. Известно, что треугольник Паскаля составляют так называемые биномиальные коэффициенты. Биномиальные и триномиальные коэффициенты часто встречаются при решении комбинаторных, математических и физических задач, а также в различных технических приложениях. Так, во многих задачах физической и химической кинетики, при исследовании вероятностных процессов, а также в задачах теории информации часто возникает необходимость вычислять различные конфигурации на множествах, в частности числа сочетаний C_n^m, то есть биномиальные коэффициенты. Чаще всего в этих случаях для вычисления факториалов используют известную приближённую формулу Стирлинга, которая даёт достаточно грубое приближение. Поэтому задача отыскания более точного приближения является актуальной.

Известно также, что асимптотикой биномиального распределения является нормальное (гауссовское) распределение. Однако оно реализуется с хорошей точностью лишь для достаточно больших номеров строк, в пределе при $n \to \infty$. Конкретные же сведения о «кинетике» этого приближения; о том, каким образом изменяются числовые характеристики аппроксимирующего нормального распределения при увеличении номера строки, отсутствуют.

Анализ публикаций. Треугольнику Паскаля посвящена довольно обширная литература [3-10], в которой выделяются две фундаментальные монографии [3, 4], где биномиальным коэффициентам посвящены отдельные главы. В книге Р. Грэхема, Д. Кнута и О. Паташника «Конкретная математика. Основание информатики» [3] в главе «Биномиальные коэффициенты» рассматриваются доказательства многочисленных тождеств (часто совершенно удивительных) и оригинальные способы вычисления различных частных сумм. В монографии В. Феллера «Введение в теорию вероятностей и её приложения» [4] рассматривается нормальное приближение для биномиального распределения, однако погрешность результатов (1-2%) нельзя признать удовлетворительной.

Формулировка целей исследования. Целями данной работы, являющейся продолжением исследований, начатых в работах [1, 2], было рассмотрение асимптотики приближения распределения чисел в строках треугольника Паскаля к нормальному; получение высокоточных приближений для центральных элементов строк треугольника Паскаля и их использование для вычисления триномиальных (мультиномиальных) коэффициентов; рассмотрение отклонений плотности паскалевского распределения от гауссовского в окрестности центральных элементов.

Основная часть. В предыдущей работе авторов [1], целью которой было установление связи распределения чисел в строках треугольника Паскаля с нормальным (гауссовским) распределением, были решены следующие задачи: определены числовые характеристики нормального приближения для распределения чисел в строках треугольника Паскаля; выявлены зависимости этих параметров от номера строки; выполнено сравнение распределения чисел в строках треугольника Паскаля с нормальным приближением и рассмотрена асимптотика приближения паскалевского распределения к нормальному при увеличении номера строки.

Математическое ожидание и дисперсию распределения чисел в строках треугольника Паскаля вычисляли следующим образом:

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{k} x_i n_i;$$

$$S^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{k} x_i^2 n_i - \bar{x}^2,$$

где x_i – номер позиции (элемента) в строке треугольника Паскаля;
n_i – значение элемента на i-ой позиции в строке треугольника Паскаля;
$k = n+1$ – количество элементов в n-ой строке треугольника Паскаля;
N – сумма всех элементов в данной строке треугольника Паскаля: $N=2^n$.

Математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратичное отклонение от номера строки треугольника Паскаля зависит следующим образом:

$$\bar{x} = \frac{n+2}{2}; \quad S^2 = \frac{n}{4}; \quad S = \frac{\sqrt{n}}{2}$$

Для соответствующих значений матожидания и среднеквадратичного отклонения построены гауссовские распределения и выполнено сравнение полученных гауссовских кривых с фактическим частотным распределением в соответствующих строка треугольника Паскаля. Для этого были вычислены относительные частоты распределения чисел в строках треугольника Паскаля (значение данного элемента строки делилось на сумму всех чисел в строке – 2^n).

На рис. 1 приведены соответствующие эмпирические распределения (основанные на вычисленных частотах) в сравнении с теоретическими распределениями (гауссовские кривые). Видно, что с увеличением номера строки распределение чисел в строках треугольника Паскаля приближается к нормальному распределению. Это даёт основание считать, что нормальное приближение является хорошей аппроксимацией распределения в n-той строке треугольника Паскаля (очевидно, тем лучшей, чем больше номер строки n):

$$x_n \in \mathrm{N}\left(\frac{n+2}{2}; \frac{\sqrt{n}}{2}\right)$$

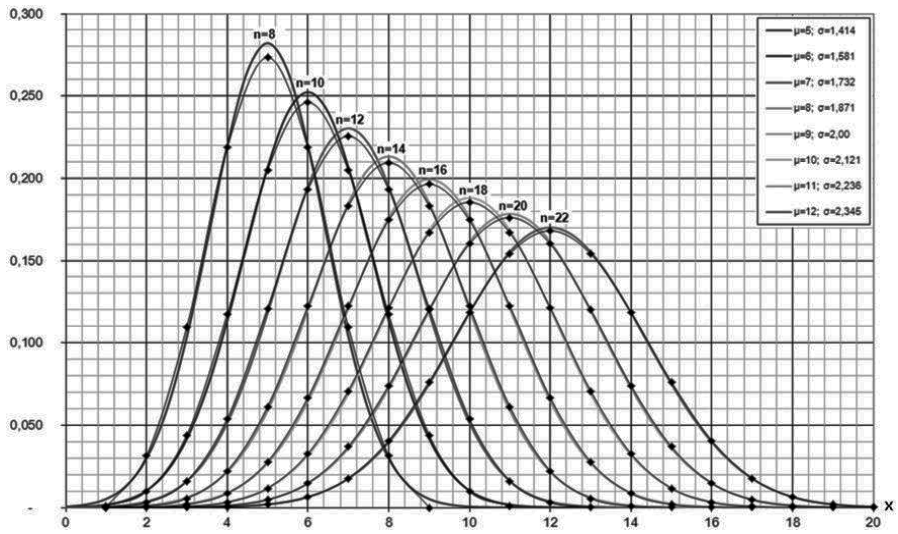


Рисунок 1 – Сравнение теоретических гауссовских кривых и эмпирических распределений в строках треугольника Паскаля (с 8-ой по 22-ю)

На рис. 1 видны различия между распределением в строке треугольника Паскаля и нормальным распределением (которое тем заметней, чем меньше номер строки):

максимальное значение распределений в строках треугольника Паскаля чуть меньше максимума на соответствующих гауссовских кривых.

Известно, что искажения нормального распределения связаны с моментами третьего и четвёртого порядков (соответствующие коэффициенты называются асимметрией и эксцессом). Асимметрия, описывающая искажения гауссовской кривой вдоль оси абсцисс, в нашем случае отсутствует, в силу симметричности чисел в строках треугольника Паскаля. (Отсюда следует, что все моменты нечётных порядков для строк треугольника Паскаля равны нулю). Следовательно, для описания наблюдаемых различий паскалевского распределения от гауссовского приближения, необходимо вычислять значения эксцесса (связанного с моментом четвёртого порядка), и, вообще говоря, моменты чётных порядков (4-го, 6-го, 8-го и т. д.). Очевидно, что вычисляемые значения эксцесса должны быть отрицательными (т. к. «уплощение» гауссовской кривой характеризуется отрицательным значением эксцесса), при этом, с возрастанием номера строки значение эксцесса должно асимптотически приближаться к нулю.

Эксцесс (E_x) вычисляли с помощью центрального момента 4-го порядка - μ^4:

$$\mu^4 = \frac{\sum_{i=1}^{n+1}(x_i - \bar{x})^4 n_i}{\sum_{i=1}^{n+1} n_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1}(x_i - \bar{x})^4 n_i}{2^n} \qquad E_x = \frac{\mu^4}{\sigma^4} - 3\,.$$

Рисунок 2 – Значение эксцесса для распределений в строках треугольника Паскаля

На рис. 2 видно, что значения эксцесса отрицательны и с увеличением номера строки асимптотически приближаются к нулю, что свидетельствует о приближении распределения в строках с большим номером к гауссовскому.

Плотность аппроксимирующего гауссовского распределения в *n*-ой строке треугольника имеет следующий вид:

$$f_n(x) \approx \frac{2}{\sqrt{2\pi n}} \exp\left(-\frac{(x - \frac{n+2}{2})^2}{\frac{2n}{4}}\right) = \sqrt{\frac{2}{\pi n}} \exp\left(-\frac{2(x - \frac{n+2}{2})^2}{n}\right) \tag{1}$$

В работе [1] с использованием формулы (1) проведены приближённые вычисления элементов строк треугольника Паскаля. Число сочетаний C_n^m в нашем случае является (m+1)-м элементом n-ой строки треугольника (т. к. отсчёт величины *x* мы начали не с нуля, а с единицы). Тогда число сочетаний можно вычислить по следующей приближённой формуле:

$$C_n^m \approx 2^n \sqrt{\frac{2}{\pi n}} \exp\left(-\frac{(2m-n)^2}{2n}\right) \tag{2}$$

Проще всего с помощью этой формулы вычисляется значение центральных элементов чётных строк треугольника, когда *m=n/2*:

$$C_n^{m=\frac{n}{2}} \approx \frac{2^n}{\sqrt{\pi m}} \text{ или } C_{2n}^n \approx \frac{4^n}{\sqrt{\pi m}} \quad (3)$$

Можно показать, что приближение (3) соответствует вычислению числа сочетаний, если факториалы вычислять по формуле Стирлинга:

$$n! \approx \sqrt{2\pi n}\left(\frac{n}{e}\right)^n \quad (4)$$

В работе [1] проведено также сравнение точных значений центральных элементов чётных строк треугольника и их приближённых значений, вычисленных с помощью гауссовской аппроксимации (табл. 1):

Таблица 1 – Сравнение точных значений и гауссовской оценки центральных элементов чётных строк

Номер строки n	Точное значение $C_n^{m=\frac{n}{2}} = \frac{n!}{(m!)^2}$	Приближённое значение $C_n^{m=\frac{n}{2}} \approx \frac{2^n}{\sqrt{\pi m}}$	Относительная ошибка ε, %
30	$1{,}551175 \cdot 10^8$	$1{,}564153 \cdot 10^8$	0,84
50	$1{,}264106 \cdot 10^{14}$	$1{,}270442 \cdot 10^{14}$	0,50
60	$1{,}182646 \cdot 10^{17}$	$1{,}187583 \cdot 10^{17}$	0,42
100	$1{,}008913 \cdot 10^{29}$	$1{,}011439 \cdot 10^{29}$	0,25
200	$9{,}054851 \cdot 10^{58}$	$9{,}066177 \cdot 10^{58}$	0,125
400	$1{,}029525 \cdot 10^{119}$	$1{,}030169 \cdot 10^{119}$	0,0625
800	$1{,}88042442 \cdot 10^{239}$	$1{,}88101214 \cdot 10^{239}$	0,03125

Из данных табл. 1 следует, что относительная ошибка (разность между приближённым и точным значением, отнесенная к точному значению) убывает с возрастанием номера строки по обратно пропорциональной зависимости, что позволяет записать выражение для относительной ошибки:

$$\frac{\frac{2^n}{\sqrt{\pi m}} - C_n^{m=n/2}}{C_n^{m=n/2}} = \frac{0{,}25}{n}, \quad (5)$$

откуда следует более точное приближение:

$$C_n^{m=n/2} \approx \frac{2^n}{\sqrt{\pi m}} \cdot \frac{n}{n+0{,}25} \quad (6)$$

Сравним точное значение с приближением (6) (табл. 2):

Таблица 2 – Сравнение точных значений и приближения (6) для центральных элементов чётных строк треугольника Паскаля

Номер строки n	Точное значение $C_n^{m=\frac{n}{2}} = \frac{n!}{(m!)^2}$	Приближённое значение (6) $C_n^{m=n/2} \approx \frac{2^n}{\sqrt{\pi m}} \cdot \frac{n}{n+0{,}25}$	Относительная ошибка ε_1, %
30	$1{,}551175 \cdot 10^{8}$	$1{,}551226 \cdot 10^{8}$	0,0033
50	$1{,}264106 \cdot 10^{14}$	$1{,}264121 \cdot 10^{14}$	0,0012
60	$1{,}182646 \cdot 10^{17}$	$1{,}182655 \cdot 10^{17}$	0,0008
100	$1{,}0089134 \cdot 10^{29}$	$1{,}0089166 \cdot 10^{29}$	0,0003
200	$9{,}0548515 \cdot 10^{58}$	$9{,}0548578 \cdot 10^{58}$	0,00007
400	$1{,}029525 \cdot 10^{119}$	$1{,}029525 \cdot 10^{119}$	$\varepsilon_1 = \frac{3}{n^2}\%$
800	$1{,}88042442 \cdot 10^{239}$	$1{,}88042442 \cdot 10^{239}$	

Точность этого приближения настолько высока, что даже для небольших n она даёт очень хорошую оценку. Так, число сочетаний C_{20}^{10}=184756 , а формулы (7-8) дают результат 184755,5; т. е. относительная ошибка составляет 0,00027%.

Формула (8) может быть записана в виде:

$$C_{2n}^{n} \approx \frac{4^n}{\sqrt{\pi n}} \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{0{,}125}{n} + \frac{0{,}0075}{n^2} + \frac{0{,}0009375}{n^3}} \right) \tag{9}$$

Имея достаточно точные значения центрального элемента чётной строки треугольника Паскаля можно легко вычислить и остальные элементы строки:

$$C_{2n}^{n\pm k} = C_{2n}^{n} \cdot \frac{n}{n+1} \cdot \frac{n-1}{n+2} \cdot \ldots \cdot \frac{n+1-k}{n+k}, \tag{10}$$

или, в более компактной форме,

$$C_{2n}^{n\pm k} = C_{2n}^{n} \prod_{i=1}^{k} \frac{n+1-i}{n+i} \tag{11}$$

Выражение (8) позволяет предложить следующую рекуррентную формулу для вычисления факториалов:

$$(2n)! = \frac{4^n (n!)^2}{\sqrt{\pi n}} \cdot \frac{n}{n+0{,}125} \cdot \frac{n^2}{n^2+0{,}0075} \tag{12}$$

или

$$(2n)! = \frac{4^n (n!)^2}{\sqrt{\pi n}} \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{0{,}125}{n} + \frac{0{,}0075}{n^2} + \frac{0{,}0009375}{n^3}} \right) \tag{13}$$

Следуя [3], покажем, что с помощью биномиальных коэффициентов можно вычислить триномиальные коэффициенты, а именно: триномиальные коэффициенты могут быть выражены через произведение биномиальных коэффициентов.

$$C_n^m C_m^k = \frac{n!}{m!(n-m)!} \cdot \frac{m!}{k!(m-k)!} = \frac{n!}{k!(m-k)!(n-m)!} \tag{14}$$

Переобозначив переменные, получим:

$$C_n^m C_m^k = \frac{(a+b+c)!}{a!b!c!}, \tag{15}$$

где *n= a+b+c; k=a; b=m-k; c=n-m;*

Таким образом, произведение биномиальных коэффициентов $C_n^m C_m^k$ есть не что иное, как триномиальный коэффициент, который появляется в триномиальной теореме:

$$(x+y+z)^n = \sum_{\substack{0\le a,b,c\le n\\ a+b+c=n}} \frac{(a+b+c)!}{a!b!c!} x^a y^b z^c = \sum_{\substack{0\le a,b,c\le n\\ a+b+c=n}} C_n^{b+a} C_{\mathrm{b+a}}^{a} x^a y^b z^c \tag{16}$$

Учитывая следующее равенство для произведений биномиальных коэффициентов

$$C_n^m C_m^k = \frac{n!}{k!(m-k)!(n-m)!} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \cdot \frac{(n-k)!}{(m-k)!(n-m)!} = C_n^k C_{n-k}^{m-k} \tag{17}$$

триномиальные коэффициенты можно представить в другой форме, несколько более удобной для суммирования:

$$(x+y+z)^n = \sum_{\substack{0\le a,b,c\le n\\ a+b+c=n}} \frac{(a+b+c)!}{a!b!c!} x^a y^b z^c = \sum_{\substack{0\le a,b,c\le n\\ a+b+c=n}} C_n^a C_{b+c}^b x^a y^b z^c \tag{18}$$

Обобщением биномиальных и триномиальных коэффициентов служат мультиномиальные коэффициенты, которые также могут быть представлены в виде произведения соответствующего количества биномиальных коэффициентов:

$$\frac{(a_1+a_2+...+a_m)!}{a_1!a_2!...a_m!} = C_{a_1+a_2+...+a_m}^{a_2+a_3+...+a_m} \cdot ... \cdot C_{a_{m-1}+a_m}^{a_m} \tag{19}$$

Таким образом, имея достаточно точное выражение для биномиальных коэффициентов можно вычислять и триномиальные коэффициенты и, в общем случае, мультиномиальные коэффициенты.

Используя предлагаемое нами более точное приближение для биномиальных коэффициентов можно значительно повысить точность получаемых результатов, там, где раньше вынуждены были ограничиваться весьма приближёнными, как при использовании формулы Стирлинга, которая, как мы показали, даёт достаточно грубое приближение.

Рассмотрим более детально отклонения распределения чисел в строках треугольника Паскаля от аппроксимирующего гауссовского распределения в окрестности центральных элементов.

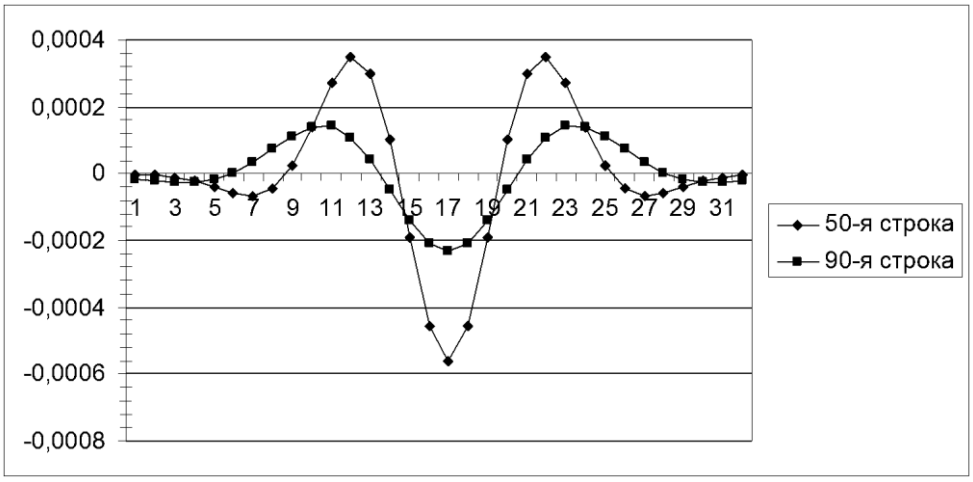


Рисунок 3 – Графики отклонений значений плотности распределений в строках треугольника Паскаля от нормального распределения в окрестности центральных элементов для 50-ой и 90-ой строк

На рис. 3 представлены графики отклонений значений плотности распределений в строках треугольника Паскаля от нормального распределения в окрестности центральных элементов для 50-ой и 90-ой строк.

Видно, что если для центральных элементов строк эта разность отрицательна (паскалевское распределение «приплюснуто» относительно гауссовского), то в ближайшей окрестности наблюдается обратная ситуация – плотность паскалевского распределения больше, чем плотность гауссовского распределения. Дальше, с удалением от центральных элементов снова наблюдается отрицательная разность, однако этот «волнообразный» процесс быстро затухает и разность асимптотически приближается к нулю.

Видно также, что для строки с более высоким номером амплитуда колебаний меньше по сравнению с распределением в строке с меньшим номером, то есть с возрастанием номера строки идёт сглаживание (затухание) колебаний плотности паскалевского распределения относительно гауссовского и с точки зрения их амплитуды.

На рис. 4 - 5 представлены графики отклонений плотности распределений в строках треугольника Паскаля для n от 10-ти до 40-ка включительно.

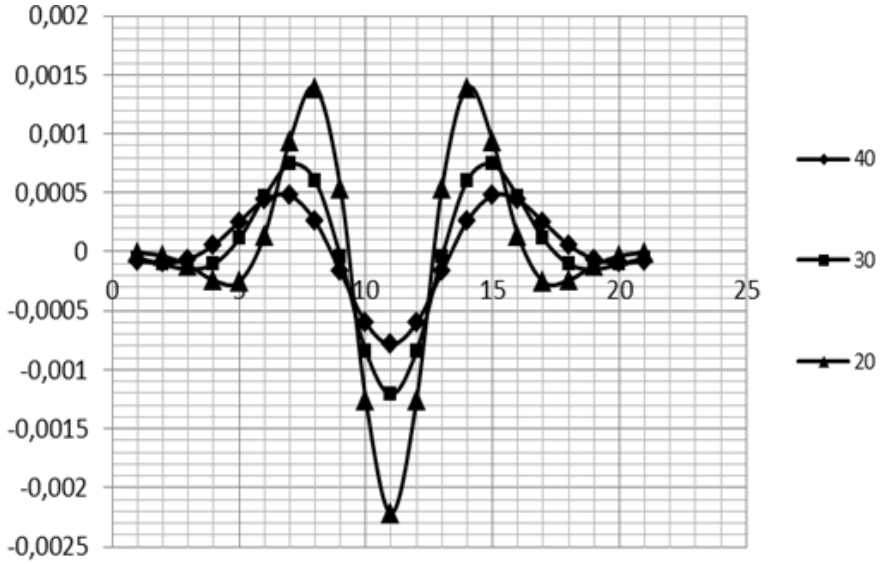


Рисунок 4 – Графики отклонений значений плотности распределений в строках треугольника Паскаля от нормального распределения в окрестности центральных элементов для 20-й, 30-й и 40-й строк

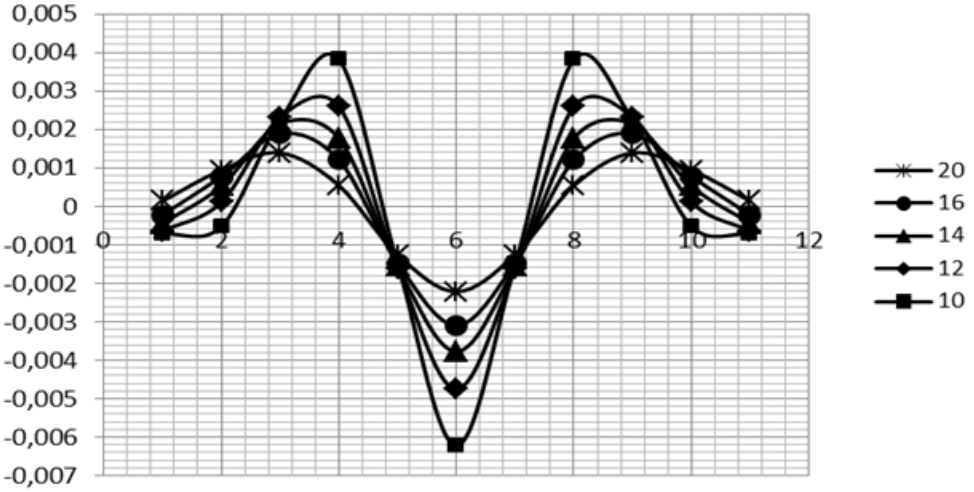


Рисунок 5 – Графики отклонений значений плотности распределений в строках треугольника Паскаля от нормального распределения в окрестности центральных элементов для строк от 10-й до 20-ой

В работе выполнено численное интегрирование (методом Симпсона) плотности распределения в строках треугольника Паскаля. Для строк с номерами n=50 и n=90 получены значения, которые с высокой точностью можно считать единицей (0,9999998), следовательно, распределение в этих строках треугольника Паскаля удовлетворяет условию нормировки на единицу, которое предъявляется к плотности распределения ($\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$). В связи с этим можно предложить следующую гипотезу: возможно, в некоторых тонких физических или физико-химических вероятностных процессах работает именно распределение Паскаля, но поскольку различие между паскалевским и его аппроксимирующим гауссовским распределением в абсолютном значении очень мало (от 0,0001 до 0,01), то это различие (волнообразное отклонение в окрестностях центральных элементов), в соответствующих экспериментах может быть незаметным. Очевидно, в реальных экспериментах значения плотности распределения определяются со значительно большей погрешностью, чем 0,0001, и даже 0,001. Однако, отклонения порядка 0,01 уже могут быть замечены: если бы усовершенствование техники и методического обеспечения эксперимента позволили бы иметь погрешность на уровне указанной, то, возможно, в некоторых тонких вероятностных экспериментах удалось бы заметить отклонение от гауссовской кривой и показать, что, имеет место именно распределение Паскаля там, где традиционно считается, что работает нормальное распределение.

Из рис. 5 видно, что волнообразный процесс в окрестности центральных элементов для строк с небольшим номером характеризуется большей амплитудой: если на рис. 3 это различие в четвертом знаке после запятой, то на рис. 5 - различие в сто раз больше, что соответственно увеличивает шансы его экспериментального выявления. Именно на этой основе можно осуществлять поиск отклонений от гауссовского распределения на выборках с относительно небольшой статистикой, где наблюдаются отрицательные значения эксцесса (а также других моментов чётных порядков).

Выводы. Проведены вычисления числовых характеристик распределения чисел в строках треугольника Паскаля; осуществлено сравнение гауссовской аппроксимации и эмпирических распределений; приведена формула для плотности распределения в n-ой строке треугольника Паскаля.

На основе гауссовской аппроксимации получены высокоточные приближения для вычисления значений центральных элементов чётных строк треугольника Паскаля. Достаточно точные значения биномиальных коэффициентов позволяют вычислять триномиальные коэффициенты (с помощью произведения пар биномиальных коэффициентов) и, в общем случае, мультиномиальные коэффициенты (как произведения соответствующего числа биномиальных коэффициентов).

Исследованы отклонения значений плотности распределений в строках треугольника Паскаля от нормального распределения в окрестности центральных элементов. Показан их волнообразный характер и процесс асимптотического сглаживания колебаний плотности при увеличении номера строки треугольника Паскаля, который свидетельствует о приближении к гауссовскому распределению.

Выдвинута гипотеза, согласно которой, возможно, в некоторых физических или физико-химических процессах работает именно распределение Паскаля, но в связи с незначительным отклонением данного распределения от нормального, его очень непросто заметить. Возможно также, что при усовершенствовании техники и методического обеспечения эксперимента, это различие окажется заметно там, где традиционно считается, что имеет место нормальное распределение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abramov G.S. Normalnoe priblizhenie dlya raspredeleniya chisel v strokah treugolnika Paskalya/ G.S. Abramov, I.M. Abramov // Vestnik HNTU. – Herson: HNTU, 2014. – Vyip. 3 (50), – p. 185-191.
2. Abramov G.S. Gaussovskaya approksimatsiya dlya raspredeleniya chisel v strokah treugolnika Paskalya/ G.S. Abramov, I.M. Abramov // Vestnik HNTU. – Herson: HNTU, 2015. – Vyip. 3 (54), – p. 319-325.
3. Grehem R.O. Konkretnaya matematika. Osnovanie informatiki: Per. s angl./R. Grehem, D. Knut, O. Patashnik. – M.: Mir, 1998.-703 p.
4. Feller V. Vvedenie v teoriyu veroyatnostey i eyo prilozheniya: Per. s angl./V. Feller. – M.: Mir, 1984. – 528 p.
5. Bondarenko B.A. Obobschyonnyie treugolniki i piramidyi Paskalya, ih fraktalyi, grafyi i prilozheniya/ B.A. Bondarenko. – Tashkent, 1990. – 192 p.
6. Kuzmin O.V. Nekotoryie kombinatornyie chisla v obobschYonnoy piramide Paskalya/ O.V. Kuzmin //Asimptoticheskie i perechislitelnyie zadachi kombinatornogo analiza. – Irkutsk: Izdatelstvo Irkutskogo universiteta, 1998. – p. 90-100.
7. Kuzmin O.V. Obobschennyie piramidyi Paskalya i ih prilozheniya / O.V. Kuzmin – Novosibirsk, 2000 – 64 p.
8. Uspenskiy V. A. Treugolnik Paskalya / V.A. Uspenskiy V.A. - M.: Nauka, 1979 - 48p.
9. Enzenzberger H.M. Duh chisla / H. M. Enzenzberger - Harkov: Knizhnyiy klub «Klub simeynogo dozvillya», 2002 – 272 p.
10. Gardner M. / Matematicheskie novellyi. - M.: Mir, 1974 – 456p.

THE SHIP OFFICER AS A FAILURE-PRONE SINGLE-CHANNEL QUEUEING SYSTEM

Abramov G.S., Makarchuk D.V., Nosov P.S., Zinchenko S.M.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)

To analyse the effectiveness of technical systems, there exists a well-developed apparatus of the queueing system theory, which allows one to find the probabilities of various conditions in queuing systems (QS), as well as determine the correlations between certain parameters of QS and their efficiency metrics [1-5].

The analytical study of QS is at it simplest if all the event channels in the system which alter it between states are basic (stationary, Poisson-type). This means that the time intervals between events in channels are in an exponential distribution with the parameter equal to the intensity of the corresponding channel.

For a QS this means that all of the channels in the system are basic. Often times “basic” is regarded as something primitive, which in this case is a stereotype that should be avoided: a basic channel is a certain ideal, where three qualities of a channel are provided – ordinarity, stationarity, and the absence of consequence.

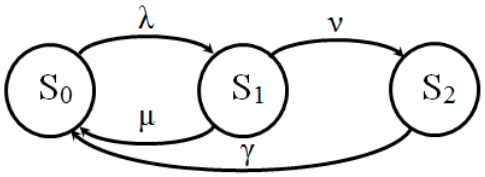
If all of the channels in the system are basic, the processes the QS is undergoing is a Markov random process with discrete states and continuous time. If the ergodicity conditions for this process are met, there is a final stationary mode, wherein the probabilities of states as well as other process parameters are independent of time. These established, long-time characteristics are often the point of interest for researchers.

We shall analyse the ship officer’s job as a failure-prone single-channel QS. First of all, let us establish that the officer must work with multiple streams of requests. During his watch, he must not only observe the surrounding environment, but register roughly 10 parameters (course, speed, power, and others). Focusing the attention on one may result in neglecting failure states in others. In such conditions, decisions will need to be taken under time constraints, which creates stressful situations, which may be followed by mistakes.

Thus, the working channel (ship officer) may “malfunction” and fail with a certain degree of probability – onsets of illness, loss of consciousness, simply freezing up due to stress, i.e. losing the ability to quickly analyze the situation and make decisions.

The recovery (healing) of a malfunctioned channel starts immediately after failure (regaining consciousness, taking medicine to remedy an illness, recovering from the lock-up, etc.).

The graph for a system’s states (the “birth-death” graph) is as follows:



In comes a basic stream of request with an intensity of λ. Time to fulfill the request is exponential $f(t) = \mu e^{-\mu t}$ with the parameter $\mu = \dfrac{1}{t_{обсл}}$

The stream of failures is basic with an intensity of ν. Time to recover is also exponential with the parameter $\gamma = \dfrac{1}{t_{восст}}$.

QS states: S_0 – channel open; S_1 – channel busy, processing; S_2 – channel has failed and is recovering.

The algebraic equation system for final probabilities of QS states:

$$\begin{cases} \lambda p_0 = \mu p_1 + \gamma p_2 \\ (\mu + \nu) p_1 = \lambda p_0 \\ \nu p_1 = \gamma p_0 \end{cases} \quad (1)$$

Normalising equation:

$$p_0 + p_1 + p_2 = 1$$

We shall express probabilities p_1 and p_2 through p_0:

$$p_1 = \frac{\lambda}{\mu + \nu} p_0; \quad (2)$$

$$p_2 = \frac{\nu}{\gamma} p_1 = \frac{\nu\lambda}{\gamma(\mu + \nu)} p_0; \quad (3)$$

Using the normalising equation to find p_0:

$$p_0 \left(1 + \frac{\lambda}{\mu + \nu} + \frac{\nu\lambda}{\gamma(\mu + \nu)} \right) = 1 \quad (4)$$

$$p_0 = \left[1 + \frac{\lambda}{\mu + \nu} + \frac{\nu\lambda}{\gamma(\mu + \nu)} \right]^{-1} \quad (5)$$

We shall find the probability of fulfilling an incoming request Q (the relative throughput capacity of the QS).

To do this, we shall multiply the probability p_0 by the probability p' of the incoming request to be fulfilled, i.e. the channel not failing while processing the request:

$$p' = \int_0^\infty \mu e^{-\mu t} e^{-\nu t} dt = \int_0^\infty \mu e^{-(\mu+\nu)t} dt = \frac{\mu}{\mu + \nu} \quad (6)$$

Therefore,

$$Q = p_0 p' = \frac{\mu}{(\mu + \nu)\left(1 + \frac{\lambda}{\mu + \nu} + \frac{\nu\lambda}{\gamma(\mu + \nu)} \right)} = \frac{\mu}{\mu + \nu + \lambda(1 + \frac{\nu}{\gamma})} \quad (7)$$

For a quantative analysis let us consider the three main situations:

- open sea sailing (ocean);
- sailing in proximity of shore (cabotage);
- sailing in proximity of port, along rivers, in difficult navigation conditions.

Figures 1-6 display the calculations for probabilities of incoming request fulfillment for various sailing conditions and under varying intensities of incoming request streams, failure streams, and recovery streams.

Figures 1-2 display the correlations for easy sailing conditions (open sea, ocean). We can see here that as the stream of requests intensifies from 2 to 6 per hour, the probability of fulfilling the request decreases. A high value of the probability Q (approaching 1) can be reached by increasing the capacity of the servicing channel and recovery channel.

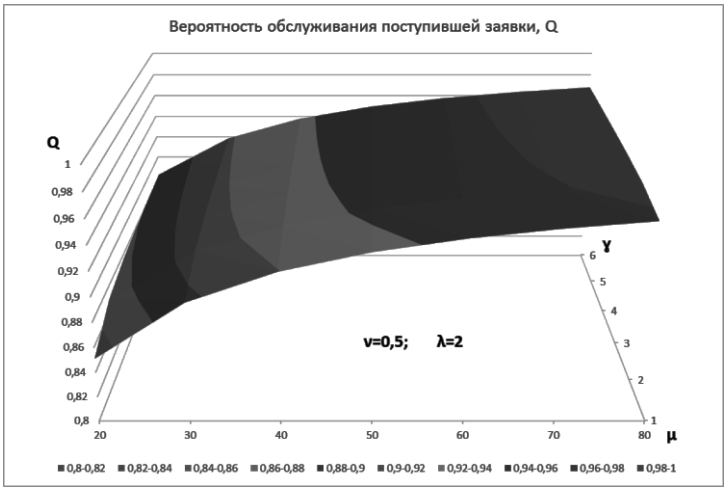


Figure 1 – Correlation between Q and ν, λ, μ, γ. Intensities of corresponding streams: ν = 0,5 per hour; λ= 2, μ from 20 to 80 per hour, γ from 1 to 6 per hour

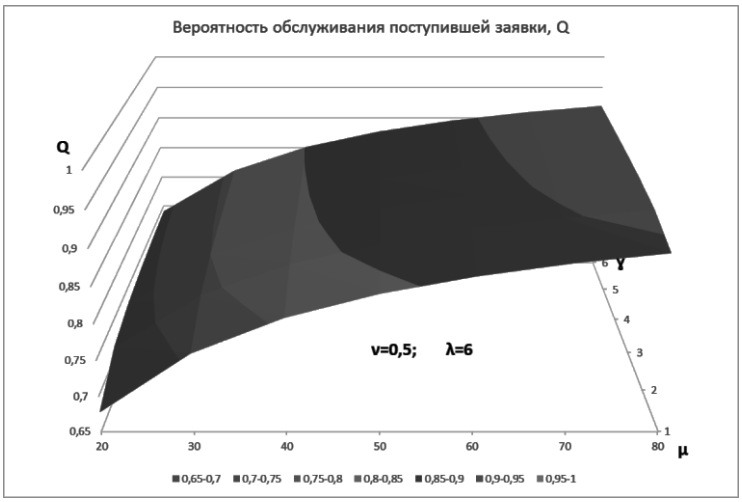


Figure 2 – Correlation between Q and ν, λ, μ, γ. Intensities of corresponding streams: ν = 0,5 per hour; λ= 6, μ from 20 to 80 per hour, γ from 1 to 6 per hour

Figures 3-4 display the correlations for sailing in coastal zones. Here the intensity of the failure stream increases to 1, and the intensity of the request stream to 10-20, which decreases the probability of requests being fulfilled compared to the above data.

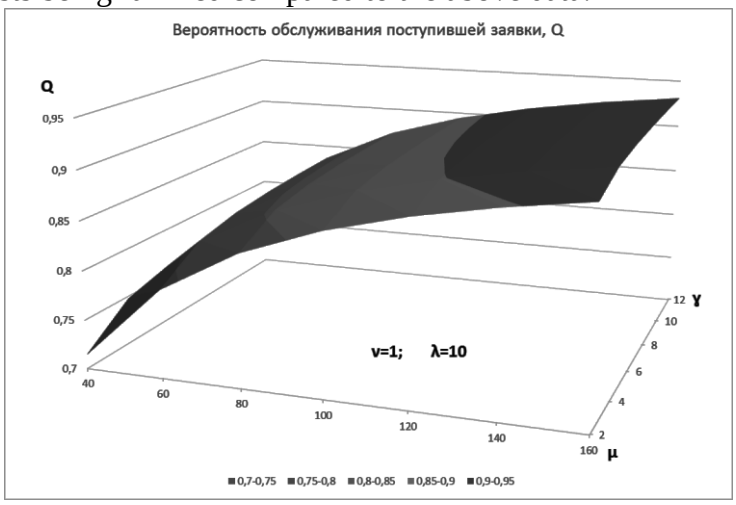


Figure 3 – Correlation between Q and ν, λ, μ, γ. Intensities of corresponding streams: ν = 1 per hour; λ= 10, μ from 40 to 160 per hour, γ from 2 to 12 per hour

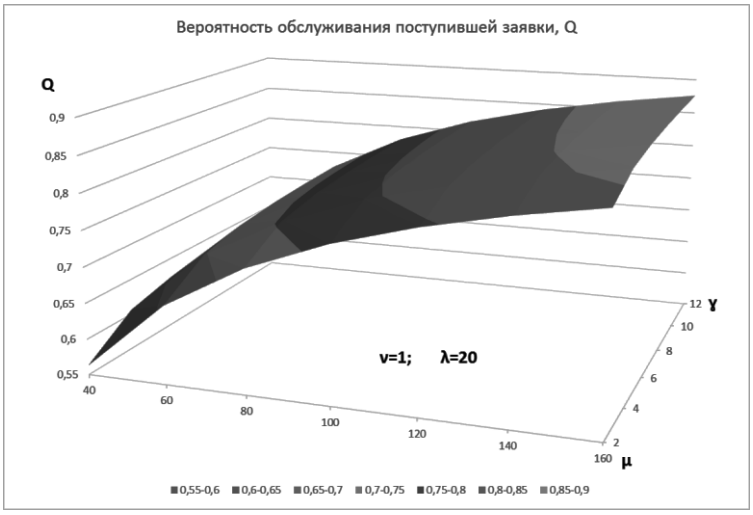


Figure 4 – Correlation between Q and ν, λ, μ, γ. Intensities of corresponding streams: ν = 1 per hour; λ= 20, μ from 40 to 160 per hour, γ from 2 to 12 per hour

Figure 5-6 display the correlations for sailing in difficult navigation conditions (rivers, ports, dense traffic and poor visibility). Here the intensity of the failure stream is increased to 5, and the request stream is at 20-40, which further decreases the probability of a request being fulfilled compared to the above data.

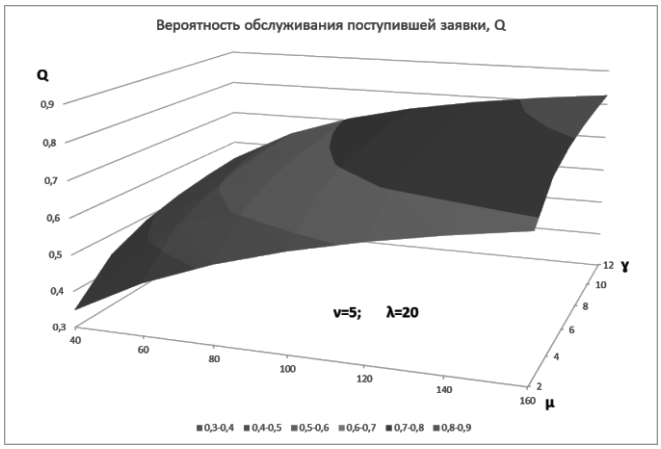


Figure 5 – Correlation between Q and ν, λ, μ, γ. Intensities of corresponding streams: ν = 5 per hour; λ= 20, μ from 40 to 160 per hour, γ from 2 to 12 per hour

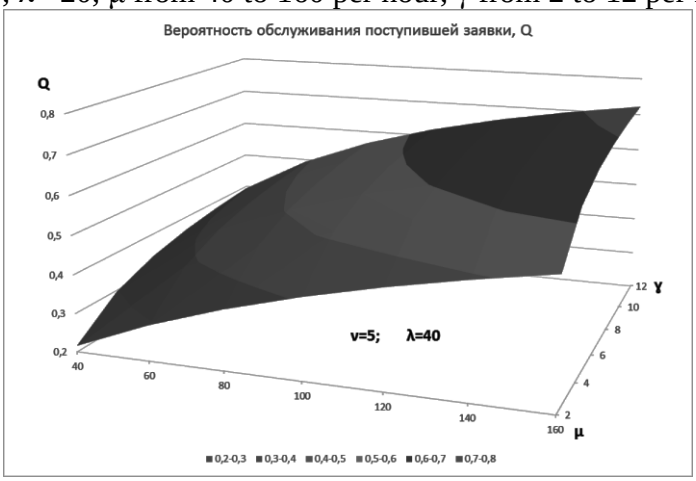


Figure 6 – Correlation between Q and ν, λ, μ, γ. Intensities of corresponding streams: ν = 5 per hour; λ= 40, μ from 40 to 160 per hour, γ from 2 to 12 per hour

It is evident that acceptable values of request fulfillment probability can only be reached with a high capacity for request fulfillment and recovery. Higher capacities, in this case, can be achieved by posting additional ship officers, which can be interpreted as opening additional channels or increasing the throughput capacity of the existing channel wherein the officers distribute duties and support one another.

The data also agrees with the following recommendations for bridge operations under various difficult navigation conditions [6].

Bridge Watch Conditions			
	Open Water	Restricted Water, Anchoring, Embarking or Disembarking a Pilot	Entering or Leaving Port
Clear weather, little or no traffic	I	II	III
Clear weather, heavy traffic	II	II or III	III
Restricted visibility, little or no traffic	II	II	III
Restricted visibility, heavy traffic	II or III	II or III	III
Pilotage	I	I or II	II or III

Figure 7 – Table of bridge watch conditions as they correlate to sailing conditions

BRIDGE WATCH CONDITION - I

This condition requires an Officer of Watch and a Lookout to be present on the bridge.

The Officer of Watch performs normal watchkeeping duties, and may also be the sole lookout in daylight. During periods where hand steering is required, a helmsman shall not be considered to be the lookout and an additional rating should be posted as lookout. Engine room may be operated in either manned or unmanned modes.

BRIDGE WATCH CONDITION - II

This condition requres the following personnel to be on the bridge: Master or Chief Officer, Officer of Watch, Lookout, Helmsman.

The Master or Chief Officer supervise the safe navigation and overall watch organisation of the crew, while the Officer of Watch supports him, relaying relevant information and navigating the ship and monitoring execution of orders. The Helmsman steers the vessel manually should the officers decide this is a necessity, or under conditions of high traffic density, restricted visibility, entering/leaving port, or embarking/disembarking a pilot.

The engine room should be manned and on stand-by, but the decision to man it lies with the Master.

BRIDGE WATCH CONDITION – III

This condition requires the following personnel to be on the bridge: Master, Officer of Watch, Additional Officer, Lookout, and Helmsman.

Under condition III, an Additional Officer takes over collision monitoring duties using AIS/ARPA systems, and reports navigational information and data on surrounding vessels to the Officer of Watch. The engine room must be manned and on stand-by.

REFERENCES

1. Ventsel E.S. The probability theory. – M.: Nauka, 1964. – 564 p.
2. Feller W. An introduction to probability theory and its applications. – M.: Myr, 1964. – T.1 -500p, 1967. – T.2 – 752p.
3. Gnedenko B.V., Kovalenko I.N. An introduction to queueing theory. – M.: Nauka, 1966 – 431p.
4. Ovcharov L.A. Applied cases in the queueing theory. – M.: Mashynostroyenie, 1969. – 324p.
5. Khinchyn A.Y. Works in the mathematical queueing theory. – M.:Physmathgyz, 1963. – 127p.
6. Bridge Operations Manual BOPR-01.2. – Columbia Shipmanagement, 2018. – 42p.

СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МІКРОКЛІМАТУ СУДНОВОГО ПРИМІЩЕННЯ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ КОМФОРТНІСТЮ ТА ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ

Білій В.А.
Національний Університет «Одеська Морська Академія»
(Україна)

Анотація. Метою дослідження є синтез математичної моделі мікроклімату суднового приміщення з урахуванням показників комфортності та якості повітря для подальшого дослідження й впровадження багатопараметричних систем автоматичного керування мікрокліматом.

Розглянуто сучасні вимоги до газового складу повітря й методи оцінки його безпечності.

Запропоновано альтернативний підхід до моделювання комфортності помешкання з урахуванням якості повітря.

Вступ. Екологічна безпека морського транспорту має безпосередній вплив на безпеку здоров'я та життя екіпажу у більшій мірі, ніж для інших видів транспорту, оскільки має місце акумуляція шкідливих речовин в повітрі суднових приміщень та знаходження людини під впливом забруднювачів тривалий час без перерв. У зоні ризику знаходяться, насамперед, екіпажі суден, що перевозять небезпечні вантажі, такі як танкери-хімовози та танкери-газовози.

Діюча Морська доктрина Україні [1] серед інших визначає такі пріоритетні напрямки розвитку науково-технічного потенціалу галузі: охорону морського середовища, важливими складовими якої є зменшення обсягу викидів забруднюючих речовин у результаті застосування сучасних технологій та застосування міжнародних екологічних норм у морегосподарській діяльності.

Національна транспортна стратегія України [2] встановлює одним з пріоритетних напрямків розвитку галузі підвищення рівня безпеки на транспорті. У цьому напрямку планується імплементація у національне законодавство України Європейських норм та стандартів; запровадження дієвих систем управління безпекою на транспорті; забезпечення впровадження європейських вимог у сфері перевезення небезпечних вантажів та ін.

Наразі для вирішення актуальних проблеми соціальної безпеки потребують наукового дослідження наступні проблемні завдання:

- підтримання безпечного середовища роботи і помешкання
- впровадження методик оцінювання безпечності середовища роботи і проживання
- впровадження новітніх технологій тестування транспортних засобів за екологічними параметрами.

Основна частина. Існує два підходи для оцінки якості повітря: порівняння концентрацій забруднювачів з максимально допустимими та застосування індексів якості повітря.

При застосуванні першого підходу для оцінки ступеню забрудненості повітря, використовують гранично допустимі концентрації, встановлені на міжнародному, державному або галузевому рівні. Гранично допустимі концентрації можуть бути обов'язкові та рекомендовані, застосовуватися виключно до відкритого повітря, повітря промислового середовища або до повітря житлових приміщень.

Держави прапору та міжнародні встановлюють вимоги до умов праці та проживання екіпажу. В Україні показники безпеки житлових та виробничих приміщень на суднах регулюються санітарними правилами, ДСП 7.7.4.-057-2000 та ДСП 7.7.4.-057-99 [3,4]

Зокрема, до мікроклімату суднових приміщень встановлені обмеження по температурі, вологості та швидкості повітря. Для систем вентиляції висунуті норми обміну повітря та обмеження рециркуляції для забезпечення концентрацію вуглекислого газу (CO_2) не вище гранично допустимої. Згідно Переліку професійних захворювань [5], працівники транспорту знаходяться під впливом хімічних, фізичних та алергенних факторів. Хімічні фактори діють як безпосередньо при контакті з речовиною, так і через вдихання шкідливих газів, летючих сполук та твердих частинок. Найбільшу небезпеку становить забруднення повітря житлових приміщень, оскільки екіпаж не використовує засоби захисту та газовимірювальні прилади під час відпочинку.

Обов'язкові гранично допустимі концентрації встановлено на державному рівні у таких країнах: Австралія [6], США (US EPA [7] та OSHA [8]), Німеччині (Deutsche Forschungs Gemeinschaft [9]). Декілька Агенцій з контролю за забрудненням, що підпорядковуються Міністерству навколишнього середовища та лісів Індії, створили національні стандарти якості повітря та контролю за забрудненням промислових та житлових середовищ [10]. У Південній Кореї у 2004 р вступив у силу закон з «Контроль якості повітря у приміщеннях громадського користування» [11].

Таблиця 1 – Обов'язкові гранично допустимі концентрації

	Регуляторні гранично допустимі концентрації				
	NAAQ/EPA	OSHA	МАК, Германия	Індія	Південна Корея
CO_2		5000 ppm [8г]	5000 ppm [8г] 10000 ppm [1г]		1000 ppm
CO	9 ppm [8г] – раз на рік 35 ppm [1г] – раз на рік	50 ppm [8г]	30 ppm [8г] 60 ppm [30хв]	2 mg/m^3 [8г] 4 mg/m^3 [1г]	9 ppm
Формаль дегід		0.75 ppm [8г] 2 ppm [15хв]	0.3 ppm [8г] 1 ppm – макс. доп.		210 μg/m3
NO_2	0.05 ppm [1г]	5 ppm	5 ppm [8г] 10 ppm [5хв]	40 μg/m^3[1р] 80 μg/m^3[24г]	
O_3	0.08 ppm [8г] 0.12 ppm [1г] – раз на рік	0.1 ppm [8г]	0	100 μg/m^3[8г] 180 μg/m^3[1г]	
PM2.5	15 μg/m^3[1р] 35 μg/m^3[24г]	5 mg/m3 [8г]	1.5 mg/m^3 для PM <4 μm	40 μg/m^3[1р] 60 μg/m^3[24г]	
PM10	150 μg/m^3 [24г]		4 mg/m^3	60 μg/m^3[1р] 100 μg/m^3[24г]	150 μg/m3
SO_2	0.03 ppm [1р] 0.14 ppm [24г] – раз на рік	5 ppm [8г]	0.5 ppm [8г] 1ppm - макс. доп.	50 μg/m^3[1р] 80 μg/m^3[24г]	0.05 ppm

Таблиця 2 – Рекомендовані гранично допустимі концентрації

	Рекомендовані гранично допустимі концентрації				
	Канада	WHO	NIOSH	ACGIH	ASHRAE
CO2	3500 ppm		5000 ppm [8г] 30,000 ppm [15хв]	5000 ppm [8г] 30,000 ppm [15хв]	
CO	11ppm [8г] 25ppm [1г]	90 ppm [15хв] 50 ppm [30хв] 25 ppm [1г] 10 ppm [8г]	35 ppm [8г] 200ppm –макс. доп.	25 ppm [8г]	9ppm [8г]
Формальдегід	0.1 ppm 0.05 ppm	0.1 mg/m3 (0.081 ppm) [30 хв]	0.016 ppm[8г] 0.1 ppm [15 хв]	0.3 ppm - макс. доп.	0.1 mg/m3 (0.081 ppm) [30хв] 27 ppb [8г] - макс. доп. 45 ppb (55 µg/m3) [1г] 7.3 ppb (9 µg/m3) [8г]
NO2	0.05 ppm 0.25 ppm [1г]	0.1 ppm[1г] 0.02 ppm [1р]	1 ppm [15 хв]	0.3 ppm [8г]	100 µg/m3 [1р] 470 µg/m3 [24г]
O3	0.12 ppm [1г]	0.064 ppm 120 mg/m3 [8 h]	0.1 ppm - макс. доп.	0.05 ppm[важ. роб] 0.08 ppm[сер. роб] 0.1 ppm[лег. роб] 0.2 ppm[<2г]	100 µg/m3 (50 ppb) [8г]
PM2.5	0.1 mg/m3 [1г] 0.040 mg/m3			3 mg/m3 - макс. доп.	15 µg/m3
PM10	0.38 ppm [5хв] 0.019 ppm			10 mg/m3 - макс. доп.	50 µg/m3[1р]
SO2		0.048 ppm [24 г] 0.012ppm [1 р]	2 ppm [8г] 5 ppm [15хв]	2 ppm [8г] 5 ppm [15хв]	80 µg/m3[1р]

Рекомендовані ГДК використовуються національними та галузевими установами у разі потреби встановлення контролю забруднення повітря довколишнього середовища, робочої зони або житлових приміщень. Федеральна комісія канадського уряду встановила орієнтовні ГДК у 1987 р [12]. У тому ж році Всесвітня організація охорони здоров'я (WHO) встановила орієнтовні ГДК для непромислового зовнішнього середовища та повітря приміщень [13]. Рекомендовані промислові ГДК та тривалість перебування у контрольованому середовищі розроблено Національним інститутом безпеки та охорони здоров'я (NIOSH) [14,16]. Промислові ГДК також було розроблено Американською конференцією урядових промислових гігієністів (ACGIH) для стандартного 40-часового

робочого тижня та для одноразової експозиції [15]. Американське товариство інженерів з опалення, охолодження та кондиціонування (ASHRAE) запропонувало рекомендовані ГДК для непромислових середовищ [16].

Безпечність повітря може бути оцінена за допомогою Індексу якості повітря - AQI (Air Quality Index). Наразі, Індекс використовується у Англії, Південній Кореї, Європейському Союзі, Мексиці, Сінгапурі, Індії, Канаді, Китаї, Гонконгу та США. У більшості згаданих країн регіональні агенції та філії зобов'язані щоденно звітувати індекс якості повітря, що дозволяє оцінювати динаміку забруднення повітря на державному рівні та вживати відповідних заходів для його зменшення.

Індекс якості повітря розраховують за деякою шкалою, що вказує на рівень забрудненості від низького до важкого, або на рівень придатності для дихання від придатного до небезпечного. Використовують шкали індексів від 0 до 10, від 0 до 100 та від 0 до 500, де менші значення відповідають чистішому та безпечнішому повітрю, а більші - вищій концентрації забруднювачів.

Більшість країн використовують концентрації озону, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, твердих частинок різних фракцій та діоксиду азоту для визначення Індексу якості повітря. Для кожного з забруднювачів розраховують відповідний частковий індекс AQIi шляхом співвідношення короткострокового середнього значення його концентрації, найчастіше восьми або двадцяти годинного, з відповідною гранично допустимою концентрацією. Індекс якості повітря приймають рівним значенню найбільшого з часткових індексів забруднювачів:

$$AQI = MAX(AQI_i)$$

Американською агенцією з захисту Навколишнього середовища (US EPA) [17] встановила наступну шкалу Індексу якості повітря:

Таблиця 3 – Шкалу Індексу якості повітря EPA

Індекс якості повітря	Пояснення	Кольоровий код
від 0 до 50	Добре (безпечне) повітря	Зелений
від 51 до 100	Повітря середньої якості	Жовтий
від 101 до 150	Повітря нездорове для чутливих груп	Помаранчевий
від 151 до 200	Нездорове повітря	Червоний
від 201 до 300	Дуже нездорове повітря	Фіолетовий
від 301 до 500	Небезпечне повітря	Бордовий

Для розрахунку часткових індексів по кожному з забруднювачів використовують наступну формулу

$$AQI_i = \frac{I_j - I_{j-1}}{C_{ji} - C_{(j-1)i}}\left(c_i - C_{(j-1)i}\right) + I_{j-1}$$

де AQI_i - частковий індекс забруднювача i; c_i - концентрація забруднювача i; C_{ji} - верхня границя інтервалу концентрацій, в який попадає c_i; $C_{(j-1)i}$ - нижня границя інтервалу концентрацій, в який попадає c_i; I_{j+1} - значення AQI, що відповідає C_{ji}; I_j - значення AQI, що відповідає $C_{(j-1)i}$.

Інтервали концентрацій для визначення часткових індексів якості повітря представлені у Таблиці 4.

Таблиця 4 – Інтервали концентрацій забруднювачів для визначення часткових індексів якості повітря AQI*i*

O3 (ppm) 8г	O_3 (ppm) 1г	PM2.5 (μg/m3) 24г	PM10 (μg/m3) 24г	CO (ppm) 8г	SO_2 (ppb) 1г	NO2 (ppb) 1г	AQI
0.054		12.0	54	4.4	35	5	50
0.070		35.4	154	9.4	75	100	100
0.085	0.164	55.4	254	12.4	185	360	150
0.105	0.204	150.4	354	15.4	304	649	200
0.200	0.404	250.4	424	30.4	604	1249	300
	0.504	350.4	504	40.4	804	1649	400
	0.604	500.4	604	50.4	1004	2049	500

Таким чином, залежності часткових індексів якості від концентрацій забруднювачів є неперервними кусково-лінійними функціями і можуть бути представлені у вигляді:

$$AQI_i = a_i c_i + b_i + \sum_{j=1}^{n} w_{ji} \left| c_i - C_{(j-1)i} \right|, \tag{1}$$

$$w_{ji} = \frac{k_{ji} - k_{(j-1)i}}{2},$$

$$k_{ji} = \frac{I_j - I_{j-1}}{C_{ji} - C_{(j-1)i}},$$

$$a_i = \frac{k_{i0} + k_{in}}{2},$$

де c_i - концентрація забруднювача *i*; k_{ji} – кут нахилу сегменту *j* кусково-лінійної функції *i*.

Для перетворення значень окремих ГДК та меж інтервалів з табл. 4, які визначені в одиницях виміру *ppm*, використаємо формулу

$$c = c_{ppm} \frac{273{,}15 \cdot M \cdot p}{22{,}4 \cdot 101300 \cdot (t + 273{,}15)} \tag{2}$$

де c – концентрація забруднювача, мг/м^3; c_{ppm} - концентрація забруднювача, ppm; M – молекулярна маса забруднювача, а.о.м; p – тиск суміші, Па; t - температура повітря,°C.

Динаміка концентрацій c_i забруднювачів у повітрі приміщення визначається залежністю:

$$\frac{dc_i}{dt} V + c_i q_{\text{вп}} = c_{i_{\text{пп}}} q_{\text{пп}} \tag{3}$$

де $c_{i_{\text{пп}}}$- концентрація забруднювача *i* повітрі приміщення, мг/м3; V – об'єм приміщення; $q_{\text{вп}}$ – об'ємна витрата вихідного повітря, м^3/с; $q_{\text{вп}}$ – об'ємна витрата припливного повітря, м^3/с; $c_{i_{\text{пп}}}$- концентрація забруднювача *i* у припливному повітрі, мг/м^3.

Для забезпечення належних умов праці та відпочинку повітря службових та житлових приміщень окрім безпечності повинно відповідати вимогам комфортності. Стандартом ISO7730 для оцінки комфортності прийнято аналітичну залежність

інтегрального показника комфортності PMV від параметрів повітря, метаболізму та вдягненості людини.

Згідно зі стандартом, алгоритм розрахунку показника PMV на етапі визначення температури поверхні одягу потребує чисельного вирішення рівняння четвертого ступеня, яке передбачає використання ітераційного алгоритму. Для зменшення обчислювальної складності та представлення PMV у вигляді диференційовної функції застосовують різні методи апроксимації.

Перспективним підходом до розрахунку інтегрального показника комфортності є його апроксимація багатовимірним поліномом, для ефективного обчислення якого можна використовувати схему Горнера. Для оцінки точності апроксимації було проведено обчислювальний експеримент з застосуванням методу багатовимірної поліноміальної регресії, який реалізовано з використанням мови програмування Python та програмної бібліотеки SKIKIT-LEARN. Результати (табл. 5) експерименту показали задовільну точність апроксимації PMV багатовимірними поліномами ступеню 3 та вище:

$$PMV(t, t_{\text{р}}, v_{\text{п}}, \varphi, MET, CLO, W) \approx p^n(t, t_{\text{р}}, v_{\text{п}}, \varphi, MET, CLO, W) \quad (4)$$

де t - температура повітря,°C; $t_{\text{р}}$ - середня радіаційна температура, °C; $v_{\text{п}}$ - швидкість повітря, м/с; φ – відносна вологість, відн. од; MET - показник метаболізму, met (1 met = 58.2 Вт/м^2); CLO - показник вдягненості, відн. од.; W - ефективна зовнішня робота, Вт/м^2; n – ступінь поліному.

Таблиця 5 – Точність апроксимації PMV багатовимірним поліномом

Ступінь поліному	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт детермінації
2	0.236	0.97
3	0.1153	0.993
4	0.0589	0.9982
5	0.0329	0.9994

Динаміка абсолютної вологості повітря приміщення може бути визначена як:

$$\frac{d\alpha}{dt}V + \alpha q_{\text{вп}} = \alpha_{\text{пп}} q_{\text{пп}} + \dot{m}_{\text{вн}} \quad (5)$$

де α - абсолютна вологість повітря приміщення, г/м^3; $\alpha_{\text{пп}}$- абсолютна вологість припливного повітря, г/м^3; $\dot{m}_{\text{вн}}$ – масова витрата водяної пари від внутрішніх джерел, г/с.

Залежність між абсолютною вологістю та відносною вологістю отримаємо з використанням рівняння стану ідеального газу та варіанту формули Магнуса-Тетенса для визначення тиску насиченої пари, запропонованої Болтоном [18]:

$$\varphi = \frac{\alpha(t + 273{,}15)}{2{,}1674 \cdot 6{,}112 \cdot e^{\frac{17{,}67 \cdot t}{t + 243{,}5}}} \quad (6)$$

Залежність масового балансу повітря приміщення, динаміки його температури й тиску має вигляд

$$\left(\frac{1}{p}\frac{dp}{dt} - \frac{1}{T}\frac{dT}{dt}\right)\rho V + 10^{-3} \cdot \frac{R_{\text{сп}} - R_{\text{вп}}}{R}(\alpha_{\text{пп}} q_{\text{пп}} + \dot{m}_{\text{вн}} - \alpha q_{\text{вп}}) + 10^{-3}\sum_{i=1}^{N}\frac{R_{\text{сп}} - R_i}{R}\left(c_{i_{\text{пп}}} q_{\text{пп}} - c_i q_{\text{вп}}\right) = \rho_{\text{пп}} q_{\text{пп}} - \rho q_{\text{вп}} + 10^{-3} \cdot \dot{m}_{\text{вн}} \quad (7)$$

де p – тиск повітря приміщення, Па; T – температура повітря приміщення, K; ρ - щільність повітря приміщення, кг/м^3; $R_{\text{сп}}$, $R_{\text{вп}}$ та R_i – індивідуальні газові сталі відповідно сухого повітря, водяної пари та забруднювача i, Дж/(кг•К); $\rho_{\text{пп}}$ - щільність припливного повітря, кг/м^3.

Формула енергетичного балансу приміщення має вигляд:

$$\rho C_v V \frac{dT}{dt} = u_{пп}\rho_{пп}q_{пп} - u\rho q_{вп} + Q_о + Q_{вн} \tag{8}$$

де C_v -питома теплоємність повітря приміщення при сталому об'ємі Дж/кг•К; u та $u_{пп}$ – відповідно питома внутрішня енергія внутрішнього та припливного повітря, Дж/кг; $Q_о$ – тепловий потік від огороджень, Дж/с; $Q_{вн}$ – тепловий потік від внутрішніх джерел, Дж/с.

Розглянуті залежності (1) – (8) складають математичну модель мікроклімату приміщення, яка дозволяє розглядати його як багатовимірний багатозв'язний ланцюг (рис. 1) з п'ятьма вхідними параметрами ($t_{пп}$, $\varphi_{пп}$, $C_{пп}$, $q_{пп}$, $q_{вп}$), п'ятьма вихідними параметрами (t, φ, C, *PMV*, AQI) та п'ятьма збуреннями ($Q_о$, *MET*, *W*, $\dot{m}_{вн}$, *CLO*).

В операторній формі багатовимірний багатозв'язний ланцюг можна представити як матричний добуток:

$$Y(p) = W(p) \bullet X(p) \tag{9}$$

$$\mathbf{W}(p) = \begin{bmatrix} W_{11}(p)\, W_{12}(p) \dots W_{1n}(p) \\ W_{21}(p) W_{22}(p) \dots W_{2n}(p) \\ \dots\dots \\ W_{m1}(p) W_{m2}(p) \dots W_{mn}(p) \end{bmatrix}$$

де Y(p) – вектор вихідних параметрів; X(p) – вектор вхідних параметрів; W(p) – матриця передаточних функцій.

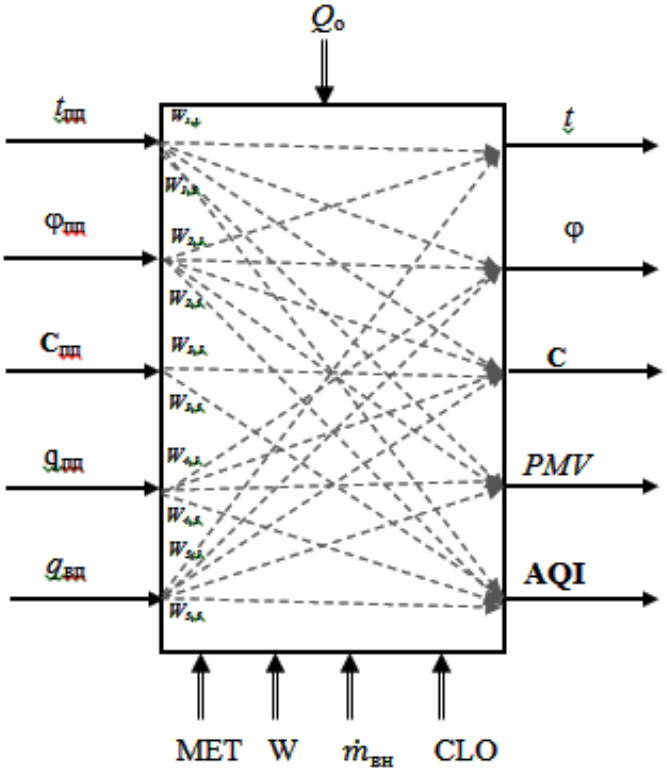


Рисунок 1 – Структурна схема суднового приміщення як багатовимірного багатозв'язного ланцюга: $t_{пп}$, $\varphi_{пп}$, $C_{пп}$, $q_{пп}$ – відповідно температура, відносна вологість, вектор концентрацій забруднювачів та об'ємна витрата припливного повітря; $q_{вп}$ - об'ємна витрата вихідного повітря; t, φ, C - відповідно температура, відносна вологість та вектор концентрацій забруднювачів повітря приміщення; PMV – інтегральний показник комфортності; AQI – вектор часткових індексів якості повітря; $Q_о$ – тепловий потік від огороджень; *MET*, *W*, $\dot{m}_{вн}$, *CLO* - відповідно показник метаболізму

Висновок. Запропонована математична модель мікроклімату суднового приміщення як багатозв'язної системи дозволяє синтезувати багатопараметричні системи автоматичного керування комфортністю та якістю повітря й досліджувати їх ефективність.

Універсальність моделі дозволяє здійснювати керування газовим складом повітря за показником його якості або відповідно до гранично допустимих концентрацій, встановлених на галузевому й державному рівнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 07.10.2009 р. № 1307. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1307-2009-п.
2. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-р.
3. Державні санітарні правила для морських суден України : ДСП 7.7.4.-057-99 : Державна санітарно-епідеміологічна служба України, 1999.
4. Державні санітарні правила для річкових суден України : ДСП 7.7.4.048-99-2000 : Державна санітарно-епідеміологічна служба України, 2000.
5. Про затвердження переліку професійних захворювань: Постанова Кабінету Міністрів України від 08.11.2000 р. № 1662. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1662-2000-п.
6. Regulation of Air Pollution: Australia. Режим доступу: https://www.loc.gov/law/help/air-pollution/australia.php.
7. Criteria Air Pollutants. Режим доступу: https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants.
8. Limits for Air Contaminants. Режим доступу: https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000TABLEZ1.
9. List of MAK and BAT Values. Режим доступу: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9783527695539.oth1.
10. INDIA: AIR QUALITY STANDARDS. Режим доступу: https://www.transportpolicy.net/standard/india-air-quality-standards/.
11. IAQ Management Act, Ministry of Environment, S. Korea. Режим доступу: https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=41231&lang=ENG.
12. Canadian Ambient Air Quality Standards (CAAQS). Режим доступу: https://www.ccme.ca/en/air-quality-report.
13. Air quality guidelines – global update 2005. Режим доступу: https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/.
14. The NIOSH Occupational Exposure Banding Process for Chemical Risk Management Режим доступу: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2019-132/pdfs/2019-132.pdf.
15. ACGIH. TLVs® and BEIs®: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. In American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH: Cincinnati, OH, USA, 2019.
16. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Режим доступу: https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_62.1-2016.
17. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI). EPA. Режим доступу: https://www3.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-sept2018.pdf.
18. Bolton, D. (1980): The Computation of Equivalent PotentialTemperature. Mon. Wea. Rev., 108, 1046-1053.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДА КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

Безрукавий О.С., Мельник Н.Г., Мельник М.І.
Каховський державний агротехнічний коледж
(Україна)
Ходаков В.Є.
Морський інситут післядипломної освіти імені Ф.Ф. Ушакова
(Україна)

Вступ. Транспортні системи використовують вузли та потоки вантажу або пасажирів, що дозволяє побудувати аналогію з точками моніторингу – свердловинами, для ґрунтових вод, та джерелами для кожної з них – опади чи зрошування. Схожий «дощ» вантажів та відповідні ймовірності відправлення до інших вузлів транспортної системи, дозволяють використовувати моделі на основі клітинного автомата для прогнозування змін транспортного потоку, наприклад, утворення вузьких місць, транспортних «корок».

У роботі розглядається версія клітинного автомата для моделі транспортної системи, що побудована на основі потоків грунтових вод. Розглядаються «джерела» з параметрами у «вузлах» у 3-вимірному просторі. Задача побудови базису, близька до цілей [1].

Результати досліджень. Для опису маршруту між вузлами- свердловин або вузлами транспортної мережі, вводяться моделі з стійкими станами, де кожен стан має набір параметрів. Розширена модель стохастичного клітинного автомата має додатковий параметр - потік вантажу на вузол. Додатково додається модель «вибору» маршруту. Розроблена MapleSim модель та бібліотека в пакеті Maple Graduate Student Research. Виконано порівняння для транспортних вузлів та мережі свердловин в Херсонській області.

Для опису системи використовуються потік та густина «транспортних засобів перевізників». Що дозволяє визначити швидкість потоку перевезень або час розвантаження вузла чи площі в зоні свердловини. Універсальність моделі дозволяє описувати як потоки з розрідженою щільністю, так і у стані насичення , наприклад,у роботі [2] також вводиться поняття критичної густини потоку для транспортних мереж.

Рисунок 1 – Схематичне позначення вузлів гідрологічної-транспортної системи

В моделях клітинного автомата – для N вузлів вздовж маршруту діють правила переходу зі стану вільний - до зайнятий з ймовірностями відповідно до статистичних даних спостережень: – у випадку рівнів грунтових вод- гідрогеологічних даних , а для транспорту – даних моніторингу наземних та супутникових систем.

Цікавими модифікаціями можуть слугувати аналітичні перетворення простору, наприклад, для потоків повітря [3]. Додатково додаються граничні обмеження для моделі клітинного автомата з паралельним оновленням станів [4].

Аналітичні розрахунки потоків за законами Кірхгофа, рівняннями Навьє-Стокса для 3-вимірного простору є складними і потребують додаткових параметрів середовища, що складно розраховувати для нелінійних диференційних рівнянь. Результати переходів

клітин- вузлів автомата- зі стану 00 в 01 в момент часу t легко описують перенесення в дискретних часових інтервалах. Математичний опис дискретного простору та мінімізація набору правил виконується відповідно до [5].

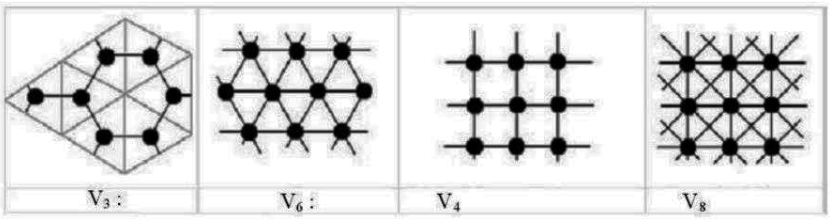


Рисунок 2 – Побудова аналогії між вузлами транспортної мережі та спостережень за рівнем ґрунтових вод, де V – кількість зв'язків з сусідніми вузлами

Результати моделювання за допомогою клітинного автомата наближаються до даних спостережень 2018р. Час обчислень збільшується при зменшенні часового інтервалу, аналогічно до [9].

Для транспортної мережі головними параметрами є кількість транспортних N засобів, та ймовірність прибуття «вантажу» до вузла «на посадку» p. Густина транспортних засобів визначається $G=N/p$.

Дані моделювання дозволяють порівняти ефективність існуючих систем керування транспортними чи зрошувальними системами, з врахуванням попередніх періодів, наприклад за методиками [7].

Висновки. Для розробки моделі у середовищі Maple вхідні дані - кількість, статистичний розподіл «вантажу», таблиці топології реальної мережі вузлів «спостереження», дані спостережень Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції, дані https://data.cso.ie/.

Перевагами моделі є можливість масштабування без зростання обчислювальної складності, відповідно до [6, 8, 10].

Результатом є визначення потрібних параметрів моделі. Результати моделювання в середовищі Maple враховують топологію мережі вузлів спостережень та «поведінку вантажу» за даними з відкритих джерел.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.Н. Хомченко, О.І. Литвиненко, І.О. Астіоненко. Фізично адекватна конденсація і мішані моделі серендипових елементів. Прикладні питання математичного моделювання Т. 2, № 1, 2019. с.141-148.

2. Akiyasu Tomoeda Cellular Automaton Modeling of Passenger Transport Systems, Infrastructure Design, Signalling and Security in Railway, Dr. Xavier Perpinya (Ed.), 2012 522p. http://www.intechopen.com/books/infrastructure-design-signalling-and-security-inrailway/cellular-automaton-modeling-of-passenger-transport-system-and-applications.

3. Пак В.В., Носенко Ю.Л. Вища математика Підручник. К. : Либідь, 1996. 440 с.

4. Ходаков В.Є., Безрукавий О.С., Мельник Н.Г., Калита В.Я. Інтернет речей в інноваціях аграрної сфери- IoT in innovations in agriculture sector/ Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції– Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2017. 416 с.

5. Ходаков В.Е., Соколова Н.А. Дискретная математика : учебное пособие / Москва: ИНФРА-М, 2020. 542 с.

6. Аладьев В.З. Вычислимость в однородных структурах. М.: ВИНИТИ, 1971

7. О.Д. Абрамов, Г.С. Абрамов Математичне моделювання фізичних і технологічних процесів і технічних систем. Побудова виробничих функцій для валового продукту і транспортної галузі України та Херсонської області.- Вісник ХНТУ №3(66), том 1, 2018 с.19-23.

8. Балаховский И.С. О возможности моделирования простейших актов поведения дискретными однородными средами // Проблемы кибернетики. Вып. 5. М.: Физматлит, 1962.

9. Ding Jianxun, Huang Haijun A Cellular Automaton Model of Public Transport System Considering Control Strategy.- J Transpn Sys Eng & IT, 2010, 10(3), 35-41.

10. В.З. Аладьев, В.А. Ваганов, М.Л. Шишаков. Базовые элементы теории клеточных автоматов.– USA: Lulu Press, 2019, 418 с.

ОПИСАННЯ ЗАКОНУ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСКРЕТНОЇ МАТЕМАТИКИ ТА ТЕОРІЇ СКІНЧЕННИХ АВТОМАТІВ

Мельник І.В., Тугай С.Б.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
(Україна)

Вступ. Автоматизоване керування рухом транспортних засобів, зокрема рухом наземного, водного та повітряного транспорту, сьогодні є важливою та актуальною науково-технічною проблемою, для вирішення якої широко використовуються сучасні засоби математичного моделювання та комп'ютерні обчислювальні системи [1, 2]. Зазвичай вирішення таких завдань моделювання проводиться через розв'язування складних систем алгебро-диференціальних рівнянь, які зводяться до постановки стандартної задачі оптимального керування рухом [3, 4]. Такі підходи завжди є добре обґрунтованими з теоретичної точки зору та передбачають розв'язування поставлених задач з використанням сучасних швидкодійних комп'ютерних засобів в реальному часі. Важливою їх перевагою також є те, що вони дозволяють врахувати необхідні фізичні параметри транспортного засобу, а саме такі, як вага, габарити, потужність двигуна тощо. Проте загальний недолік застосування класичних підходів, пов'язаних з розв'язуванням складних систем диференціальних рівнянь, до формування математичних моделей задач керування транспортом, полягає в тому, що не завжди вдається відразу знайти правильний закон керування, та через це часто рух транспортного засобу супроводжується небажаними коливальними процесами [1, 2]. Крім того, швидкість розв'язування складних систем диференціальних рівнянь у реальному часі, навіть у разі використання сучасних швидкодійних комп'ютерів та хмарних обчислювальних технологій, також є обмеженою та в багатьох випадках вона може не задовольняти вимогам щодо забезпечення необхідної швидкості руху транспорту та його надійності. Цей загальний недолік пов'язаний з тим, що загалом завдання розв'язування систем диференціальних рівнянь на відрізку скінченної довжини потребує аналізу нескінченної кількості станів через розбиття його на відрізки нескінченно малої величини. Але, у будь-якому разі, за умови використання числових методів розв'язування кількість таких відрізків є обмеженою, а їх занадто велика кількість призводить до непомірного зростання обчислювальної похибки [6, 7].

В роботі [5] був запропонований дещо інший підхід до вирішення транспортних задач, пов'язаний із використанням математичного апарату сучасної дискретної математики, зокрема методів теорії черг, теорії скінченних автоматів та нечіткої логіки [8, 9]. Загальна перевага методів дискретної математики полягає в тому, що кількість станів системи завжди є обмеженою, а похибку моделювання, яка зазвичай виникає для реального об'єкту через дію випадкових факторів на відрізках скінченної довжини, можна легко компенсувати у відлікові моменти часу через введення відповідної коректувальної дії. Зрозуміло, що для дискретизації задачі керування транспортним засобом насамперед необхідно знати закон його руху. Один з можливих варіантів постановки та розв'язування задачі дискретної математики для заздалегідь відомого простого закону руху транспортного засобу розглядається у даній роботі.

Постановка завдання. Будемо вважати, що транспортний засіб рухається від точки A до точки B вздовж прямої лінії довжиною R за таким простим законом:

- швидкість руху $V(r)$ лінійно зменшується пропорційно відстані r, яка пройдена транспортним засобом;
- у початковій точці A швидкість руху є максимальною та становить V_0;

- у кінцевій точці B швидкість руху дорівнює 0.

Такий закон руху в алгебраїчній формі можна записати через наступний простий аналітичний вираз:

$$V(r) = V_0 \frac{R-r}{R}. \quad (1)$$

Тепер завдання полягає у тому, щоб провести дискретизацію відрізку [A, B] та переписати закон руху (1) у дискретні формі [8].

Закон руху у дискретній формі. Для того, щоб переписати закон руху (1) у формі дискретного математичного виразу, необхідно, насамперед, розбити відрізок [A, B] на N однакових скінченних відрізків, довжина яких буде складати:

$$d = \frac{R}{N}. \quad (2)$$

За такої умови можна записати закон руху транспортного засобу на скінченних відрізках довжиною d як дискретний математичний вираз $V(i, \Delta r)$, де i – номер відлікової точки на відрізку [A, B], Δr – відстань від відлікової точки P_i до поточної точки, в який знаходиться транспортний засіб. Відповідний спосіб дискретизації відрізку [A, B] показаний на рис. 1.

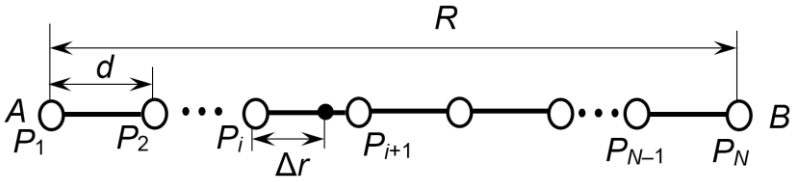


Рисунок 1 – Дискретизація відрізку руху транспортного засобу на відрізку [A, B]. i – номер поточної точка дискретизації, ○ – положення точок дискретизації, ● – поточне положення транспортного засобу

Тоді закон руху транспортного засобу (1) на відрізку [P_i, P_{i+1}] можна переписати в формі дискретного математичного виразу наступним чином:

$$V_{i0} = V_0\left(1 - \frac{i}{N}\right), V(i, \Delta r) = V_{i0} - \frac{V_0 \Delta r}{R} = V_0\left(1 - \frac{i}{N} - \frac{\Delta r}{R}\right), i = 1,2, \dots, N, \Delta r < d. \quad (3)$$

Закон руху транспортного засобу $V(i, \Delta r)$, заданий дискретним співвідношенням (3), із позначеними на графіку точками відліку P_i та відліковими значеннями швидкості V_{i0}, показаний на рис. 2.

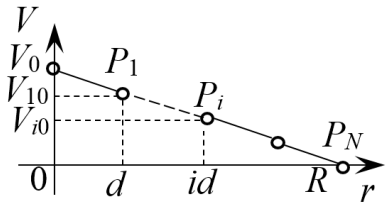


Рисунок 2 – Залежність швидкості від відстані для дискретного закону руху, заданого співвідношеннями (3)

З точки зору сучасної теорії нечіткої логіки дискретні співвідношення для швидкості $V(i, \Delta r)$, задані формулами (3), можна назвати функціями належності [8, 9]. Але для прикладу, який розглядається, ці функції є чітко визначеними та дозволяють обчислити значення швидкості транспортного засобу на кожному дискретному відрізку однозначно.

Формування закону керування транспортним засобом у разі наявності випадкової збурювальної дії. Закон керування для точки з номером i можна сформулювати наступним чином. Якщо швидкість $V(i - 1, d)$ відповідає значенню $V(i, 0)$, можна вважати, що рух транспортного засобу відповідає закону руху (1) та не змінювати значення швидкості, а у противному випадку необхідно сформувати коректувальну дію ΔV, яка обчислюється наступним чином:

$$\Delta V_i = V(i, 0) - V(i-1, d). \quad (4)$$

Тоді закон регулювання руху транспортного засобу можна записати через арифметико-логічний вираз [10]. Відповідний аналітичний вираз має наступний вигляд:

$$\Delta V_i = \big(V(i,0) \neq V(i-1,d)\big) \cdot \big(V(i,0) - V(i-1,d)\big) + \\ +\big(V(i,0) = V(i-1,d)\big) \cdot V(i-1,d). \quad (5)$$

Недоліком записаного арифметико-логічного виразу (5) є те, що для формування коректувальної дії необхідно знати точне значення швидкості $V(i, 0)$, отримане з використанням співвідношень (3). Іншим способом обчислення коректувальної дії є аналіз її значень у попередні моменти часу. Такий аналіз дає правильне значення коректувальної дії у разі, якщо вона є стаціонарною та не змінюється протягом великого проміжку часу. Для визначення способу формування коректувальної дії через аналіз її значень у попередні моменти часу можна скористатися моделлю скінченного автомату. Будемо вважати, що кількість попередніх станів автомату, які використовуються для формування коректувальної дії, становить k_c, а коректувальна дія вважається близькою до стаціонарної, тобто приблизно однаковою для всіх станів системи. У такому разі значення похибки швидкості ΔV можна обчислити як середнє арифметичне від її значення в попередні моменти часу, і таку оцінку з точки зору статистики можна вважати найбільш правдоподібною [11]. Тобто, коректувальну дію можна обчислити наступним чином:

$$\Delta V_i = \frac{\sum_{j=0}^{k_c} \Delta V_{i-j}}{k_c}. \quad (6)$$

З урахуванням отриманих аналітичних виразів (5, 6) та узагальнених дискретних співвідношень (3), можна переписати закон руху транспортного засобу, за умови наявності квазістаціонарної збурювальної дії, у вигляді наступного дискретного арифметико-логічного співвідношення:

$$V(i, \Delta r) = (i \leq k_c) \cdot \left(V_0 \left(1 - \frac{i}{N} - \frac{\Delta r}{R}\right)\right) + \\ +(i > k_c) \cdot \left(\left(V_0 - \frac{\sum_{j=0}^{k_c} \Delta V_{i-j}}{k_c}\right)\left(1 - \frac{i}{N} - \frac{\Delta r}{R}\right)\right). \quad (7)$$

Діаграма станів скінченного автомату Мура, призначеного для формування закону руху транспортного засобу, який описується співвідношенням (7) за умови $k_c = 2$, наведена на рис. 3.

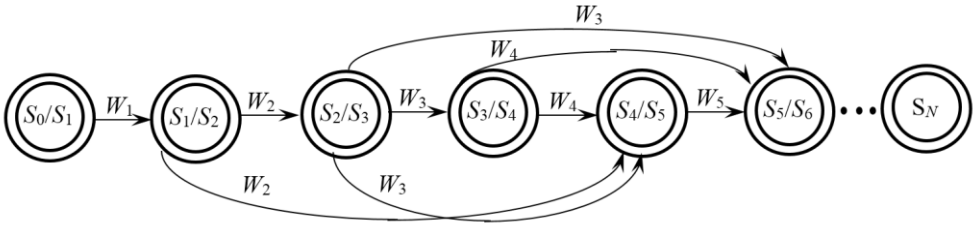


Рисунок 3 – Діаграма станів скінченного автомату Мура для закону керування рухом транспортного засобу, заданого співвідношенням (7)

На рис. 3 для позначення станів скінченного автомату Мура та переходів між ними, яким відповідають вузли та ребра орієнтованого графу [8], введені наступні змінні:

$$S_i = V_i,\ W_i = \Delta V_i. \quad (8)$$

З урахуванням введених змінних (8), закон керування (7) для поточного стану S_i скінченного автомату Мура, діаграма станів якого наведена на рис. 3, можна записати у наступному вигляді:

$$S_i = (i \leq k_c) \cdot \left(S_0 \left(1 - \frac{i}{N}\right)\right) + (i > k_c) \cdot \left(\left(S_0 - \frac{\sum_{j=0}^{k_c} W_{i-j}}{k_c}\right)\left(1 - \frac{i}{N}\right)\right). \quad (9)$$

Висновки. Проведений аналіз показав, що з використанням методів дискретної математики та теорії скінченних автоматів можна формувати моделі руху транспортних

засобів та формувати відповідну коректувальну дію у разі виникнення збурювального фактору. Методика моделювання ґрунтується на тому, що заздалегідь відомий закон керування переписується в дискретній формі. Несумлінною перевагою такого підходу є спрощення проведення обчислень через зменшення кількості станів системи від нескінченності до скінченної величини N, а кількість станів k_c, які використовуються для визначення коректувальної дії, обмежується величиною точок дискретизації N, тобто:

$$k_c \leq N.$$

Проведений аналіз є цілком правильним за умови дії квазістаціонарного збурюючого фактору. У разі впливу випадкової збурюючої дії можна вирішити поставлену задачу через обрання оптимального значення величини k_c у кожній відліковій точці, що може бути предметом подальших досліджень. Аналіз можливості використання дискретних математичних моделей та теорії скінченних автоматів в задачах керування, проведений в даній роботі на прикладі простої транспортної задачі, має важливе практичне значення, оскільки аналогічний підхід може бути використаний для описання систем керування більш складними технічними об'єктами з урахуванням нелінійних ефектів [3, 4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Каштальян П.В. Моделирование алгоритма идентификации динамической модели судна. / П.В. Каштальян, С.А. Рожков, К.В. Тимофеев, Т.И. Терновая. – Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2019», Херсон, 2019. – С. 249 – 252.
2. Горалік Є.Т. Чисельне розвязування задачі про рух транспортних засобів при сходженні з опорної поверхні. / Є.Т. Горалік, М.М. Крюков. – Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2019», Херсон, 2019. – С. 242 – 245.
3. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребе, М.Э. Сальгадо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. –911 с.
4. Пупков К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и томах; 2-е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
5. Мельник І.В. Можливості використання методів теорії систем масового обслуговування, теорії скінченних автоматів та методів нечіткої логіки для розв'язування транспортних задач // І.В. Мельник, Н.В. Богданова / Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» – Херсон, 2017. – С. 226 – 230.
6. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы: учеб. пособие для вузов. / А.А. Самарский, А.В. Гулин. – М.: 1989. – 432 с.
7. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач: Учебное пособие для вузов. / Ф.П. Васильев. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1988. – 552 с.
8. Денбновецький С.В. Кодування сигналів в електронних системах. Частина 2. Математичні основи теорії кодування. Том 3. Теорія систем штучного інтелекту. Комплексний навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом 171 «Електроніка» спеціалізації електронні прилади та пристрої. // С.В. Денбновецький, І.В. Мельник, Л.Д. Писаренко. – К.: Кафедра, 2018. –348 с.
9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. // А.В. Леонков. – Спб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
10. Мельник И.В. Анализ возможностей использования матричных макроопераций системы MatLab при решении прикладных задач / И.В. Мельник. – Электронное моделирование. – №3. – 2009. – С. 37-51.

11. Денбновецький С.В. Кодування сигналів в електронних системах. Частина 2. Математичні основи теорії кодування. Том 2. Основи теорії імовірностей, математичної статистики, теорії систем масового обслуговування та статистичної радіотехніки. Комплексний навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом 171 «Електроніка» спеціалізації електронні прилади та пристрої. // С.В. Денбновецький, І.В. Мельник, Л.Д. Писаренко. – К.: Кафедра, 2018. – 348 с.

КУБАТУРНА ФОРМУЛА НА ОКТАЕДРІ П'ЯТОГО АЛГЕБРАЇЧНОГО ПОРЯДКУ ТОЧНОСТІ

Мотайло А.П.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Сучасні методи розрахунку та проектування складних об'єктів транспортної галузі неможливі без застосування комп'ютерних технологій. Останні дозволяють виконати необхідні обчислення для моделювання всіх процесів життєвого циклу досліджуваного об'єкту в залежності від режимів роботи, умов експлуатації, обраних матеріалів тощо.

При розв'язанні задач математичної фізики в області складної геометричної форми застосовують метод скінченних елементів (МСЕ). Основним недоліком МСЕ є потреба великого обсягу пам'яті комп'ютера. Якщо область задачі є тривимірною, то при розрахунку моделей значно зростає часова складність алгоритму МСЕ.

Одним із способів оптимізації часу скінченно-елементних розрахунків є використання альтернативних решіток, що містять скінченні елементи, які не представлені у бібліотеках сучасних програмних комплексів, що реалізують МСЕ. Так у роботах [1-3] для дискретизації просторової області застосовано тетраедрально-октаедральні решітки. У роботі [3] досліджено умови збіжності чисельного розв'язку МСЕ до точного на решітках тетраедрально-октаедральної структури при розв'язанні граничних задач для диференціальних рівнянь еліптичного типу. Для програмної алгоритмізації МСЕ у роботах [1-4] отримано формули чисельного інтегрування по області октаедра з кусково-лінійними та квадратичними базисними функціями. Дані кубатурні формули дозволяють знаходити елементи локальної матриці жорсткості лінійного октаедра з кусково-лінійними функціями точно [1-3] та з точністю $4.44\cdot 10^{-11}$ для октаедра з квадратичними функціями [4].

При розв'язанні задач динаміки МСЕ дискретним аналогом диференціального рівняння є лінійне алгебраїчне рівняння з коефіцієнтами у вигляді матриць жорсткості, мас та демпфірування. Отже, актуальною є задача побудови кубатурних формул для обчислення елементів локальної матриці мас лінійного октаедра. Метою даної роботи є побудова кубатурної формули, яка дозволяє визначати елементи локальної матриці мас лінійного октаедра з поліноміальним базисом другого порядку.

Нехай $\Omega=\{(x,y,z):|x|+|y|+|z|\le 1\}\subset R^3$ – область інтегрування у формі октаедра, $f(x,y,z)$ – неперервна на Ω функція. Для лінійного октаедра з поліноміальними базисними функціями елементи матриці мас $m=\left[m_{pq}\right]=\iiint\limits_{\Omega}\varphi^T\rho_l\varphi dxdydz$, де $\varphi_l=\varphi_l\left(x,y,z\right)$ – базисні функції, ρ_l – щільність скінченного елемента *l*, є поліномами степеня $2(n-1)$, де n – степінь поліномів N_l [3]. Якщо $n=2$, то елементи матриці мас скінченного елемента у формі октаедра є алгебраїчними поліномами четвертого степеня.

Для побудови кубатурної формули по октаедру скористаємось основними результатами теорії чисельного інтегрування по найпростішим областям в R^3, які викладено в роботах авторів [5-7]. Кубатурну формулу по октаедру будемо шукати у вигляді:

$$\iiint\limits_{\Omega} f\left(x,y,z\right)dxdydz\approx\sum_{s=1}^{N}G_s f\left(x_s,y_s,z_s\right)=I_R\left(f\right), \tag{1}$$

де G_s – вагові коефіцієнти, $\left(x_s,y_s,z_s\right)$ – вузли інтерполяції, *N* – кількість вузлів.

Вузли інтерполяції формули (1) розташуємо в області Ω, враховуючи центральну та осьову симетрії октаедра. Розіб'ємо усі вузли на дві групи: a_s – вузли, які лежать на осях октаедра, що проходять через протилежні вершини багатогранника, розташовані на відстані p від його центра, та мають координати $(\pm p,0,0)$, $(0,\pm p,0)$, $(0,0,\pm p)$; c_s – вузли, розташовані у точках перетину сфери радіуса r з осями октаедра, що проходять через центри тяжіння протилежних граней багатогранника та мають координати $(\pm r,\pm r,\pm r)$. Тоді формула (1) приймає вигляд:

$$\iiint\limits_{\Omega} f(x,y,z)\,dxdydz \approx \sum_{j=1}^{6} A_{0j} f(a_{0j}) + \sum_{j=1}^{8} C_{0j} f(c_{0j}), \tag{2}$$

де A_s, C_s – вагові коефіцієнти, $N=14$.

Для полінома $P_4(x,y,z)=\sum\limits_{|\alpha|=0}^{4} a_{ijk} x^i y^j z^k$, де a_{ijk} – коефіцієнти, $\alpha=\alpha(i,j,k)$ – мультиіндекс, $|\alpha|=i+j+k$, $i,j,k=\overline{1,3}$, формула (2) є точною, тобто

$$\iiint\limits_{\Omega} P_4(x,y,z)\,dxdydz = \sum_{s=1}^{14} G_s P_4(x_s,y_s,z_s). \tag{3}$$

Потрійний інтеграл у лівій частині формули (3) обчислюється як

$$\iiint\limits_{\Omega} P_4(x,y,z)\,dxdydz =$$

$$= \frac{4}{3}a_{000} + \frac{2}{15}(a_{200}+a_{020}+a_{002}) + \frac{4}{105}(a_{400}+a_{040}+a_{004}) + \frac{2}{315}(a_{220}+a_{022}+a_{202}). \tag{4}$$

Права частина формули (3) після підстановки координат вузлових точок має вигляд:

$$\sum_{s=1}^{14} G_s P_4(x_s,y_s,z_s) = \sum_{s=1}^{6} A_s P_6(a_s) + \sum_{s=1}^{8} C_s P_6(c_s). \tag{5}$$

Прирівнюючи коефіцієнти при однакових коефіцієнтах a_{ijk}, отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 6A_1 + 8C_1 = \dfrac{4}{3}; \\ A_1 p^2 + 4C_1 r^2 = \dfrac{1}{15}; \\ A_1 p^4 + 4C_1 r^4 = \dfrac{2}{105}; \\ 4C_1 r^4 = \dfrac{1}{105}. \end{cases} \tag{6}$$

Відмітимо, що рівновіддалені від центра октаедра вузли мають рівні вагові коефіцієнти, тобто $A_s = A_1, s=\overline{2,6}; C_s = C_1, s=\overline{2,8}$.

Система (6) має два розв'язки:

$$p_1 = \frac{1}{231}\sqrt{24255-231\sqrt{1785}},\ r_1 = \frac{1}{273}\sqrt{17199+273\sqrt{1785}},$$

$$A_s = \frac{61}{480} + \frac{1}{480}\sqrt{1785},\ s=\overline{1,6};$$

$$C_s = \frac{137}{1920} - \frac{1}{640}\sqrt{1785},\ s=\overline{1,8}; \tag{7}$$

$$p_2 = \frac{1}{231}\sqrt{24255 + 231\sqrt{1785}}\,,\; r_2 = \frac{1}{273}\sqrt{17199 - 273\sqrt{1785}}\,,$$

$$A_s = \frac{61}{480} - \frac{1}{480}\sqrt{1785}\,,\; s = \overline{1,6}\,;$$

$$C_s = \frac{137}{1920} - \frac{1}{640}\sqrt{1785}\,,\; s = \overline{1,8}\,. \tag{8}$$

Тоді формула (2) має вигляд:

$$\iiint\limits_{\Omega} f(x,y,z)\,dxdydz \approx A_s \sum_{s=1}^{6} f(a_s) + C_s \sum_{s=1}^{8} f(c_s)\,, \tag{9}$$

де вузли інтерполяції та вагові коефіцієнти відповідають формулам (7) або (8).

При цьому у випадку, коли вузлам a_s, c_s відповідають значення p_1, r_1, вузли c_s не належать області октаедра. Вагові коефіцієнти A_s, C_s приймають додатні значення незалежно від вибору координат вузлів за формулами (7) або (8).

Легко бачити, що формула (9) залишається точною для поліномів п'ятого степеня $P_5(x,y,z)$. Дійсно,

$$\iiint\limits_{\Omega} P_5(x,y,z)\,dxdydz = \iiint\limits_{\Omega} P_4(x,y,z)\,dxdydz + \iiint\limits_{\Omega} \sum_{|\alpha|=5} a_{ijk} x^i y^j z^k\,dxdydz\,.$$

Оскільки область інтегрування в потрійному інтегралі є симетричною відносно кожної з осей координат, а степінь полінома $\sum\limits_{|\alpha|=5} a_{ijk} x^i y^j z^k$ є непарним, маємо:

$$\iiint\limits_{\Omega} \sum_{|\alpha|=5} a_{ijk} x^i y^j z^k\,dxdydz = 0\,.$$

Отже, формула (9) є точною для поліномів $P_m(x,y,z)$ степеня $m \le 5$.

Оцінимо точність отриманої формули. Будемо вважати, що функція $f(X) = f(x,y,z)$ належить класу $C^6(\Omega)$ неперервно-диференційованих до шостого порядку включно на Ω функцій. Нехай $X_0 = (x_0, y_0, z_0)$ – довільна точка області Ω. Запишемо формулу Тейлора для $f(X)$ в околі точки X_0 із залишковим членом у формі Лагранжа:

$$f(X) = \sum_{s=1}^{5} \sum_{|\beta|=s} \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0)}{\partial X^{\beta}} (X - X_0)^{\beta} + \sum_{|\beta|=6} \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0 + \theta(X - X_0))}{\partial X^{\beta}} (X - X_0)^{\beta}\,, \tag{10}$$

де $\beta = \beta(i,j,k)$ – мультиіндекс, $|\beta| = i + j + k$, $i,j,k = \overline{1,3}$, $\beta! = i!\,j!\,k!$, $0 < \theta < 1$ – деяке число.

Проінтегруємо залишковий член формули (10) по області Ω:

$$R_6(f) = \iiint\limits_{\Omega} \sum_{|\beta|=6} \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f(X_0 + \theta(X - X_0))}{\partial X^{\beta}} (X - X_0)^{\beta}\,dX\,, \tag{11}$$

де $R_6(f) = \iiint\limits_{\Omega} f(X)\,dX - I_R(f)$ – залишковий член формули (1), $dX = dxdydz$ – елемент об'єму.

Оцінимо рівність (11), враховуючи, що $|X - X_0| \le 2$ для довільних точок $X, X_0 \in \Omega$:

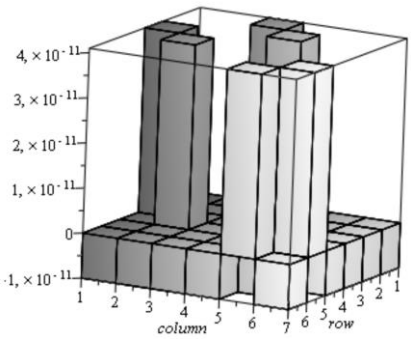
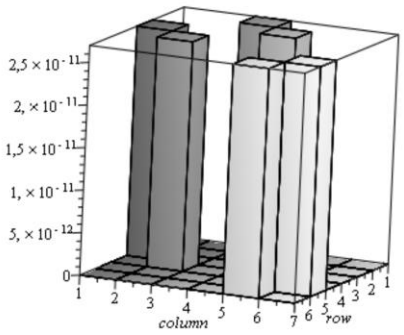
$$\left|R_6(f)\right| \le \iiint\limits_{\Omega} \sum_{|\beta|=6} \left| \frac{1}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f\left(X_0 + \theta\left(X - X_0\right)\right)}{\partial X^{\beta}} \left(X - X_0\right)^{\beta} \right| dX \le$$

$$\iiint\limits_{\Omega} \sum_{|\beta|=6} \left| \frac{2^{\beta}}{\beta!} \frac{\partial^{|\beta|} f\left(X_0 + \theta\left(X - X_0\right)\right)}{\partial X^{\beta}} \right| dX = K .$$

Справедливість формули (9) перевірено при обчисленні елементів матриці мас лінійного октаедра з квадратичними базисними функціями [3].

У табл.1 наведено значення похибки $\Delta = \max\limits_{m_{pq},\, p,q=\overline{1,6}} \left|R_6(f)\right|$, де $f = m_{pq}$. Розрахунки виконано у системі комп'ютерної математики Maple. Значення K відповідає $X_0 = 0$.

Таблиця 1 – Оцінка точності кубатурної формули (9)

Параметри вузлів інтерполяції	p_1, q_1, r_1	p_2, q_2, r_2
Δ	$4 \cdot 10^{-11}$	$2.7 \cdot 10^{-11}$
Розподіл похибки $\left|R_6(f)\right|$ за елементами матриці m		

Висновки. У роботі побудовано інтерполяційну кубатурну формулу по області октаедра, яка є точною для алгебраїчних поліномів п'ятого степеня та має два різних набори координат вузлів та вагових коефіцієнтів.. Отримано оцінку залишкового члена кубатурної формули для підінтегральних функцій, які належать класу $C^6(\Omega)$. Результати перевірено при обчисленні елементів локальної матриці мас для системи поліноміальних базисних функцій другого порядку лінійного октаедра. За результатами обчислень виявлено кращу за точністю кубатурну формулу, якій відповідають координати вузлів та вагові коефіцієнти формул (8). Побудована кубатурна формула може бути застосована при розв'язанні граничних задач динаміки для об'ємних областей, які дискретизовані решіткою тетраедрально-октаедральної структури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Grosso R., Greiner G. Hierarchical Meshes for Volume Data. Computer Graphics International 1998 : Proceeding of the Conference (Washington, July 22–27, 1998). Washington, 1998. P. 761–771.

2. Greiner G., Grosso R. Hierarchical tetrahedral-octahedral subdivision for volume visualization. The Visual Computer. Berlin. 2000. Vol. 16. I. 6. P. 357–369.

3. Мотайло А.П. Геометричне моделювання скалярних та векторних полів на решітках тетраедрально-октаедральної структури: дис. канд. техн. наук: 18.10.19. Дніпро, 2019. 164 с.

4. Мотайло А.П., Білоусова Т.П. Побудова кубатурної формули для октаедра. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали 10-ї міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 12−13 вересня 2019 р.). Херсон, 2019. С. 277–280.

5. Мысовских И.П. О построении кубатурных формул для простейших областей. Журнал вычислительной математики и математической физики. 1964. Т.4, №1. С. 3–14.

6. Крылов В.И. Приближенное вычисление интегралов. Москва, 1967. 500 с.

7. Попов А.С. Кубатурные формулы на сфере, инвариантные относительно группы вращений октаэдра. Журнал вычислительной математики и математической физики. 1998. Т. 38, №1. С. 34–41.

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ВИБРАЦИЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С SARS-CoV-19

Настасенко В.О.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Явление резонанса – один из мощных физических эффектов разрушения различных технических и природных объектов. Информация о возможности разрушения оболочки вирусов SARS-CoV-19 (COVID-19) при колебаниях с частотами 25 и 50 МГц появилась в результате исследований Массачусетского технологического института [1].

Преимущества этого метода в том, что его легче регулировать в случае вирусных мутаций. Мутации в основном происходят во внутренних частях вируса и «ножках» для его прикрепления к белковым клеткам. Оболочка вируса с размерами 80 ... 120· 10^{-9} м меняется незначительно. Следовательно, его разрушение возможно в узком диапазоне резонансных колебаний, которые быстрее и легче обнаружить и подобрать, чем создавать новую вакцину. Однако в настоящее время вакцинация признана основным путем борьбы с COVID-19, хотя она действует только вдогонку за новыми мутациями вируса.

Второй традиционный способ борьбы с COVID-19 – это использование дезинфекции, в т.ч. кварцевание. Однако для этого люди, в т.ч. инфицированные вирусами, должны покинуть помещение, а их возвращение, или появление в нем нового человека, зараженного вирусами, делает эти методы бесполезными.

Обоснование цели и задач выполняемой работы. Главная цель работы – привлечь внимание общества и ученых к возможности применения резонансных колебаний в качестве метода дезинфекции для борьбы с вирусами COVID-19. Вибрация может производиться в необходимой зоне (в помещении или около дыхательной системы человека). Коллективные устройства могут быть выполнены в виде отдельных модулей или встроены в кондиционеры. персональные устройства могут быть в выполнены виде флешки и использоваться как медальон. Вибрационные микрочипы могут быть встроены в мобильные телефоны, которых производятся миллионами штук. Поэтому необходимы исследования в этом направлении.

О целесообразности таких исследований свидетельствует тот факт, что наличие вибраций и возможность их восприятия характерны для биологических организмов, как на клеточном уровне, так и на более глубоких уровнях материального мира: молекулярном, атомном и элементарных частиц. Эти уровни характеризуются дуализмом состояний, в которых проявляются их вещественные и волновые (полевые) свойства. Следует отметить, что ядерный магнитный резонанс широко используется в науке и технике [2] и созданы системы для его реализации, которые могут стать основой для дальнейшей разработки устройств, необходимых для борьбы с COVID-19. Этот путь обосновали Александр Гурвич (Россия) и Royal Rife (США) еще в XX веке [3,4]. Он реализован в ряде изобретенных электронных устройств. Роял Райф использовал его для лечения онкологических больных, но вирусная основа данных болезней была исследована недостаточно, поэтому в ряде случаев он получил отрицательный результат, который заставил отказаться ученых от этого пути (не без влияния фармацевтических компаний, из-за угрозы потерять рынок дорогих лекарств).

Учитывая, что влияние физических полей и резонансных вибраций на бактерии и вирусы является доказанным фактом, поэтому физики мира, занимающиеся исследованиями в этих областях, должны оказать свою помощь в борьбе с COVID-19.

Предлагаемый в данной работе метод связан с определением частотного диапазона (длин волн) внешних индуцированных колебаний, при которых возникает резонанс вирусов COVID-19. В рамках накопленных данных влияния резонансных вибраций установлено,

что для других микроорганизмов и клеток, при которых частота их собственных колебаний не совпадает с индуцированной, не возникает явление резонанса и другие вредные воздействия и последствия.

Результаты исследований. За основу принята работы [5]. Полное уничтожение вируса возможно на длинах волн, соизмеримых с его размерами, которые составляют 80 ... 120 нм [6]. Резонансная длина волны λ индуцированных электромагнитных полей должна быть кратна этим размерам. Следовательно, предполагаемым диапазоном колебаний будет значение частоты ν, которое определяется зависимостью:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{0{,}3\cdot 10^{9}(\frac{м}{с})}{80\ldots 120\cdot 10^{-9}\ (м)} = 3{,}75 \ldots 2{,}5\cdot 10^{15}(с^{-1}), \quad (1)$$

где с - скорость света в вакууме: с ≈ 0,3 · 109 м / с.

Однако возникает противоречие между частотами колебаний 25… 50 · 106 Гц [1] и 3,75… 2,5 · 1015 Гц. Это можно объяснить тем, что частоты 3,75 ... 2,5 · 1015 Гц относятся к разрушению вируса как «механического» объекта, а это биофизический объект, имеющий собственное биофизическое поле, длины волн которого равны значению (2):

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{0{,}3\cdot 10^{9}(\frac{м}{с})}{25\ldots 50\cdot 10^{6}\ (с^{-1})} = 12 \ldots 6(м). \quad (2)$$

Следовательно, уничтожение вируса возможно уже на стадии взаимодействия длин волн этих электромагнитных полей, что дает новую информацию о вирусе, требующую дополнительных исследований. Есть основания полагать, что с этого уровня возможны поля прямой и обратной связи с вирусом. Поэтому имеется возможность создавать электронные устройства, обнаруживающие вирусы в пространстве.

Для проведения исследования необходимо 2 условия:

1) наличие источников формирования сверхвысоких частот > 25 МГц;

2) наличие штаммов вирусов COVID-19.

Диапазон частот 25 … 100 МГц доступен для широкой технической реализации. Таким образом, во многих странах мира, исследовавших вирусы COVID-19, уже существует реальная возможность провести исследования по выявлению резонансных эти частот.

Поэтому постановка 1-й задачи сводится лишь к организации, проведению и финансированию данных исследований. В условиях постоянных мутаций и расширения зон действия вирусов COVID-19 возникает цейтнот времени на решение этих проблем. Поэтому необходимо быстро провести углубленные исследования и положить конец спорам об эффективности или неэффективности резонансного уничтожения COVID-19 и других вирусов и микроорганизмов. Если на такие исследования будут выделены интеллектуальные ресурсы и средства, которые были выделены на создание вакцин, результат возможен в течение года.

Основные преимущества резонансного метода:

- Универсальность вне зависимости от внутренних мутаций вируса (основное влияние связано с размером вируса, который легче определить, чем другие его параметры, и выбрать для них необходимые вибрации).
- Возможность действия только в зонах риска заражения, пока в них находится человек.
- Постоянство или периодическая постоянная активность в этих областях, например: 1 ... 20 минут включения, которые чередуются через 1 ... 20 минут выключения, без перерывов и уходов из этой зоны людей, (т.е. типичный для метода кварцевания). Следовательно, такое действие коснется всех новых носителей COVID-19, которые в любой момент попадают в зону резонансных колебаний.

Постановка 2-й задачи связана с тем, что помимо частотного диапазона подавления COVID-19 может быть диапазон частот, активирующих его. Их надо идентифицировать, чтобы исключить появление при разработке каких-либо новых технических систем.

Таким образом, формулировка первой и второй задач данной работы выносится на широкое обсуждение научного сообщества и государственных структур всех стран мира. Их актуальность и важность скорейшего внедрения не вызывает сомнений, что требует создания рабочих научных групп и финансирования их работы.

После этого может быть создано и в дальнейшем реализовано промышленное производство и широкое распространение коллективных и индивидуальных электронных устройств, которые обеспечивают уничтожение COVID-19 путем создания резонансных частот и вибраций. Если такие устройства предназначены для дезинфекции, то они не относятся к терапевтическим, что устраняет многочисленные проблемы получения разрешений на их использование. Они только обеззараживают, а лечение нужно проводить по уже разработанным методикам.

Предлагаемый метод не отвергает вакцинацию и другие традиционные способы борьбы с COVID-19. Их следует применять параллельно.

Аналогичные принципы воздействия и конструкция приборов возможны и для других вирусов, необходимо лишь волевое решение на уровне Министерства здравоохранения и других компетентных органов стран мира.

Выводы:

- В условиях быстрых мутаций COVID-19, которые в дальнейшем становятся все более агрессивными и вредными, разработка вакцин обычно отстает от их появления, поэтому возникают периоды незащищенности людей и требуются постоянные новые интеллектуальные и материальные затраты для решения новых проблем.
- В рамках известных исследований влияния наведенных электромагнитных частот и вибраций на бактерии и вирусы, существуют резонансные частоты, как разрушающие, так и активирующие их; следовательно, их идентификация необходима для COVID-19.
- В условиях ограниченных возможностей вакцинации, дезинфекции химическими веществами и ультрафиолетового излучения, предлагаемый способ борьбы с COVID-19 с использованием резонансных частот от индуцированных физических полей и вибраций может быть более эффективным, чем другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс : Выявление эффективности ультразвукового разрушения коронавируса Новости >> Nauka i tekhnika 24/03/2021 Available from : https://kurs.com.ua/novost/311021-vijavlena-affektivnost-ultrazvuka-vc2a0razrushenii-koronavirusa?source=ukrnet.
2. Электронный ресурс: Ядерный магнитный резонанс / http://chem.spbu.ru/files/Vladimir/Vasiliev/NMR_1.pdf.
3. Электронный ресурс: Александр Гурвич / https://scisne.net/a-1637.
4. Электронный ресурс: Ройял Райф / https://deta-lviv.pulscen.ua/articles/56099.
5. Nastasenko V. Fight Against Covid-19 and Setting New Research Tasks / GSC Advanced Research and Reviews (GSCARR) Volume 7 - Issue 1 (April 2021) https://gsconlinepress.com/journals/gscarr/content/fight-against-covid-1.
6. Электронный ресурс: Российские ученые сделали снимок коронавируса под микроскопом Available from / https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5e735ff09a7947be392f2bec.

СТРАТЕГІЇ СТАЛОЇ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ У КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Ольхова М.В.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна)

Поняття сталої міської логістики (Sustainable Urban Logistics Plan) з'явилось у країнах європейського союзу в результаті розробки планів сталої міської мобільності, що, в свою чергу, з'явились внаслідок розробки планів сталого розвитку міст. Велику кількість ресурсів Європейського Союзу сконцентровано для визначення заходів планування мобільності майбутнього на засадах екологічності, економічної доцільності та соціальних потреб. При цьому міська логістика все ще не має такого важливого значення, як мобільність населення. Однак існує багато проєктів впровадження планів стійкої міської мобільності в різних країнах, які покликані покращити функціонування транспортних систем у всьому світі, деякі з них подані в табл. 1.

Таблиця 1 – Проекти стратегій сталої міської логістики [2–4]

Проєкт	SULPiTER	ENCLOSE	NOVELOG
Координатор	Інститут транспорту та логістики – ITL	MemEx Srl, Ліворно	Hellenic Institute of Transport, Підрозділ «Розумна сталість – вантажний транспорт та мережі»
Міста-партнери	Болонья, Будапешт, Познань, Брешія, Штутгарт, Марибор, Рієка	Австрія, Болгарія, Греція, Ірландія, Італія, Норвегія, Польща, Румунія, Португалія, Іспанія, Швеція, Нідерланди, Великобританія	Афіни, Барселона, Копенгаген, Емілія-Романья, Гетеборг, Грац, Лондон, Мехелен, Піза, Рим, Турін, Венеція
Старт проекту	2016	2012	2015
Цілі	Вирішення проблем міського вантажного транспорту в перспективі функціональних міських районів, приділяючи увагу функціональним транспортним та економічним відносинам між внутрішніми міськими центрами та прилеглими територіями	Підвищення знань про проблеми енерго-ефективності та сталої міської логістики в європейських малих середньоісторичних містах та про конкретні можливості для досягнення вдосконалень та переваг шляхом упровадження ефективних заходів, схем та підходів, спеціально спрямованих на міські середовища	Забезпечити знання та розуміння міського розподілу вантажних перевезень, щоб міста впроваджували ефективні та сталі заходи, а також сприяли співпраці зацікавлених сторін для забезпечення сталої логістики міста

Одними із фундаментальних досліджень за тематикою міської логістики є роботи професорів Антоніо Комі і Агустіно Нуццоло (Римський університет Тор Вергата). У роботі [1] надано докладний опис міських логістичних заходів на стадії планування. Зазначено, що для зменшення негативного впливу міського вантажного транспорту на стійкість міста та підвищення ефективності міського ланцюга поставок можуть бути використані декілька логістичних заходів на рівні планування. При цьому планування логістики міста включає кілька заходів, серед яких є такі: ідентифікація цілей та стратегій, визначення показників результатів планування, визначення сценаріїв планування, попереднє оцінювання наслідків плану, зокрема моделювання сценаріїв планування.

У межах сталого розвитку мобільності та прагнення врахувати цілі та стратегії операторів міського ланцюга поставок та інших зацікавлених сторін, цілі планувальників міської логістики можуть бути основані на такому [1]:

- економіка (поліпшення економічного результату досліджуваної області): зниження транспортних витрат у мережі; зниження транспортних та логістичних витрат ланцюга поставок (наприклад, дистриб'юторів, оптових торговців, перевізників, торгових мереж, кінцевих споживачів); зниження відпускних цін на товари для кінцевих споживачів;
- безпека: зменшення дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних із мобільністю вантажу;
- навколишнє середовище та землекористування: зменшення впливу на мобільність вантажу та на навколишнє середовище; сталий розвиток землекористування;
- рівновага (суспільство): поліпшення якості життя у містах; розвиток транспортної, логістичної та роздрібної зайнятості; поліпшення законності вантажних секторів: транспортних засобів, водіїв та товарів.

Отже, для досягнення ефективного функціонування транспорту у містах необхідно розробляти плани стійкої мобільності, не залишаючи без уваги план сталої міської логістики. Для українських органів місцевої влади та науковців доречним є провести аналіз існуючих європейський практик та знаходити можливості адаптування їх в українських містах задля досягнення стійкої мобільності, зокрема стійкої міської логістики. Необхідно відзначити, що розробка планів стійкої мобільності триває вже в багатьох українських містах, при цьому, на жаль, не завжди в цих планах відображена політика та стратегії щодо функціонування вантажного транспорту. Тому в подальшому доцільно проводити детальний аналіз функціонування вантажного транспорту в українських містах та виробляти стратегії його функціонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nuzzolo, A., & Comi, A. (2014). City Logistics Planning: Demand Modelling Requirements for Direct Effect Forecasting. Procedia - Social And Behavioral Sciences, 125, 239-250. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.01.1470.
2. Project - Enclose. (2020). Retrieved from http://www.enclose.eu.
3. SULPiTER project. (2020). Retrieved from https://www.interreg-central.eu.
4. NOVELOG | New Cooperative Business Models and Guidance for Sustainable City Logistics. (2020). Retrieved from http://novelog.eu.

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ ҐРУНТУ РОЗПУШУВАЛЬНИМ ОБЛАДНАННЯМ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Волянюк В.О., Терентьєв О.О., Свідерський А.Т.
Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. Інтенсивне освоєння родовищ корисних копалин і будівництво нафто - і газопроводів неможливо без сучасної будівельної техніки, здатної розробляти міцні та мерзлі ґрунти.

У зв'язку з тим, що міцні ґрунти мають підвищену міцність, їх розробка землерийними машинами неможлива без попередньої обробки, спрямованої на зниження опору ґрунту для подальшої його розробки [1, 3].

Одним з основних видів машин, що здійснюють розробку таких ґрунтів являються навісні розпушувачі на базі гусеничних тракторів, робочий процес яких характеризується найменшою енергоємністю процесу руйнування ґрунту.

Аналіз публікацій. В роботі [2] приведено аналіз існуючих конструкцій розпушувальних агрегатів та принципи їх реалізації, але не розглянуті тенденції розвитку розпушників та не наведено математичний апарат руху робочих органів.

При горизонтальному розпушуванні відрив стружки ґрунту від масиву відбувається у напрямку відкритої поверхні, що є найменш енергоємним способом. В цьому випадку переважають зусилля розтягнення (розриву) ґрунту, які у декілька разів менші, ніж зусилля стиску або зсуву [4].

Розпушування ґрунту в порівнянні з буропідривним методом забезпечує зниження витрат, сприяє підвищенню якості робіт і є менш небезпечним для довкілля [5].

Ефективність розпушувального агрегату значною мірою залежить від раціональних режимів роботи силової установки. Системи керування, що серійно випускаються на цей час, прилади індикації, а також уповільнена реакція людини-оператора на умови робочого процесу, що швидко змінюються, не дозволяють повною мірою використати тягові можливості машини [6].

В процесі роботи розпушувального агрегату його ходове устаткування взаємодіє з ґрунтом, що викликає некеровані переміщення робочого органа в просторі. Це призводить до зміни глибини розпушування, і, відповідно, до зміни реакції ґрунту на робочому органі [7].

В роботах [8, 9] здійснено аналіз факторів і наведені математичні рівняння для визначення положення робочого органа розпушника. В роботі [8] не наведено математичні моделі взаємодії рушія з ґрунтом. В роботі [9] автори не дослідили вплив реакції ґрунту при його руйнуванні на некеровані переміщення робочого органа.

В наведених роботах здійснено аналіз факторів і приведені математичні рівняння для визначення положення робочого органа розпушувача, але не складена інформаційна модель визначення складових зміни крутного моменту двигуна трактора-тягача у залежності від цього параметра.

Мета і постановка задачі. Ефективність розпушувального обладнання значною мірою залежить від раціональних режимів роботи силової установки. Системи керування, що серійно випускаються на цей час, прилади індикації, а також уповільнена реакція людини-оператора на умови робочого процесу, що швидко змінюються, не дозволяють повною мірою використати тягово-зчіпні якості машини.

У зв'язку з цим необхідно розробити інформаційну модель робочого процесу розпушувального агрегату будівельної машини.

Метою роботи є підвищення ефективності розпушувального агрегату будівельної машини шляхом визначення складових змін крутного моменту трактора-тягача в залежності від положення робочого органа розпушувального обладнання.

Інформаційна модель руху розпушувального агрегату будівельної машини. Будь-який машино-тракторний агрегат є багатомасовою системою [3, 10 і ін.]. При аналізі поступального руху базового трактора можна виділити наступні основні маси: двигун внутрішнього згорання, трансмісія, остов трактора, навісне обладнання, відповідно.

Двигун внутрішнього згоряння і трансмісія створюють інерційні моменти внаслідок нерівномірного обертального руху, а остов і навісне обладнання – інерційні сили внаслідок нерівномірного поступального руху. Умовно прийнявши, що кожна з вище перелічених мас є валом, що здійснює обертальний рух відносно своєї осі, замінюємо двигун внутрішнього згоряння «валом двигуна внутрішнього згоряння» з моментом інерції $J_{\text{д}}$, трансмісію – «валом трансмісії» з моментом інерції J_2. Поступальний рух трактора замінений рухом «вала трактора» з моментом інерції J_3, рух навісного обладнання – «валом навісного обладнання» з моментом інерції J'_3.

При складанні рівнянь руху базового трактора прийняті наступні допущення: базовий трактор рухається прямолінійно; з'єднання умовних валів не деформуються (втрати енергії на деформацію незначні); з'єднання навісного обладнання і остову абсолютно жорстке.

Рівномірний прямолінійний рух базового трактора, виражений в моментах, приведених до умовного валу трактора:

$$M_{\text{в}} = M_f + M_{\text{ро}}, \tag{1}$$

де $M_{\text{в}}$ – момент на умовному валу трактора; M_f – момент опору коченню трактора; $M_{\text{ро}}$ – момент опору, що створюється робочим органом.

З урахуванням нерівномірного прямолінійного руху, викликаного діями на ходове обладнання нерівностей мікрорельєфу, це рівняння набере вигляду:

$$M_{\text{в}} = (J_3 + J'_3)\frac{d\omega_2}{dt} + M_f + M_{\text{ро}} - M_\alpha, \tag{2}$$

де ω_2 – кутова швидкість умовного валу трактора; M_α – приведений до валу трактора момент, що виникає від руху трактора під ухил (за позитивний кут прийнятий нахил трактора вперед по ходу руху).

Момент опору коченню трактора, приведений до валу трактора:

$$M_f = \frac{r_{\text{к}}}{i_{\text{тр}}} P_f, \tag{3}$$

де P_f – дотична сила опору коченню базового трактора; $i_{\text{тр}}$ – передаточне число трансмісії; $r_{\text{к}}$ – радіус ведучого колеса базового трактора.

При прямолінійному русі сила P_f залежить від параметрів рушія, ваги машини, дійсної швидкості її руху і ґрунтових умов:

$$P_f = f(v_{\text{тр}}). \tag{4}$$

Рівняння, що апроксимує залежність $P_f = f(v_{\text{тр}})$, для базових тракторів на ґрунтах IV-V категорій має вигляд:

$$P_f = -0{,}05 v_{\text{тр}}^2 + 1{,}15 v_{\text{тр}} + 0{,}2. \tag{5}$$

Момент опору, що створюється робочим органом:

$$M_{\text{ро}} = \frac{r_{\text{к}}}{i_{\text{тр}}} P_{\text{кр}}, \tag{6}$$

де $P_{кр}$ – сила тягового опору.

Момент, що виникає від руху трактора під ухил, визначається з виразу [11]:

$$M_{\alpha} = \frac{r_{к}}{i_{тр}} G_{ра} \sin\alpha , \tag{7}$$

де $G_{ра}$ – вага розпушувального агрегату; α – кут нахилу базового трактора відносно горизонтальної площини.

Дійсна швидкість руху базового трактора визначається з виразу [11]:

$$v_{тр} = \frac{r_{к}}{i_{тр}} \omega_2 ; \; \omega_2 = (1-\delta)\omega_{д} , \tag{8}$$

де δ – коефіцієнт буксування; $\omega_{д}$ – кутова швидкість умовного вала двигуна.

Залежність коефіцієнта буксування від сили тягового опору, для гусеничного розпушувача при роботі на мерзлому ґрунті, може бути апроксимована залежністю:

$$\delta = a\left(\frac{P_{кр}}{P_{кр\,max}}\right), \tag{9}$$

де a – коефіцієнт, залежний від типу рушія і поверхні руху; $P_{кр\,max}$ – максимальна сила тягового опору.

Таким чином, після підстановки в рівняння (2) виразів (3), (5)...(7) і виразу (9) в (8) отримуємо систему рівнянь, що описують нерівномірний поступовий рух базового трактора:

$$\begin{cases} \omega_2 = \left(1 - \dfrac{aP_{кр}}{P_{кр\,max}}\right)\omega_{д}; \\ v_{тр} = \dfrac{r_{к}}{i_{тр}}\omega_2; \\ M_{в} = (J_3 + J'_3)\dfrac{d\omega_2}{dt} + \left(\dfrac{r_{к}}{i_{тр}}\right)\times \\ \times\left[\left(-0{,}05v_{тр}^2 + 1{,}15v_{тр} + 0{,}2\right) + P_{кр} - G_{ра}\sin\alpha\right]. \end{cases} \tag{10}$$

Висновки. Таким чином, входом цієї інформаційної моделі руху розпушувального обладнання будівельної машини є значення наступних величин: кутова швидкість валу двигуна внутрішнього згоряння і сила тягового опору, а виходом – величина моменту на умовному валу базової машини.

Застосування вдосконаленої інформаційної моделі руху розпушувального обладнання будівельної машини в залежності від положення робочого органа дозволяє підвищити його ефективність на 17...20% [11].

ЛІТЕРАТУРА

1. Будівельна техніка: підручник / Лівінський О.М., Єсипенко А.Д., Курок О.І. і ін.; під заг. ред. Лівінського О.М. Київ: КНУБА, Українська академія наук, «МП Леся», 2013. 614 с.
2. Toshov J.B., Shukurov M.K. Questions modeling of dynamics of drilling tools on the bottom hole. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 1–2 (1) 2014. P. 116–122.
3. Сукач М.К., Горбатюк Є.В., Марченко О.А. Синтез землерийної і дорожньої техніки: підручник. Київ: Ліра-К, 2013. 376 с.

4. Машины для земельных работ: учебник для студентов вузов / Доценко А.И., Карасев Г.Н., Кустарев Г.В., Шестопалов К.К. Москва: Издательский дом «БАСТЕТ», 2012. 688 с.

5. Road and Bridge Construction Equipment. Satya Narayan Shah: B.Sc. In Mechanical Engineering (India) MS in Manufacturing Engineering & Management (UK), January, 2012, 1. 112 p.

6. Горбатюк Є.В., Шевченко Т.В. Аналіз тенденцій розвитку розпушуючих агрегатів. Техніка будівництва: науково-технічний журнал. Київ: КНУБА, 2008. Вип. 21. С. 5–10.

7. Pirmatov S.T. Necessary conditions of summability of spectral expansion on eigenfuction of the operator laplace. European science review, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 5–6 (3) 2015. P. 29–32.

8. Сівко В.Й., Кузьмінець М.П. Прикладна механіка робочих процесів машин: монографія. – Київ: НТУ, 2009. 349 с.

9. Сухарев Р.Ю. Методика оптимизации параметров системы управления положением рабочего органа цепного траншейного екскаватора. Омский научный вестник. Серия: Приборы, машины и технологии. Омск: ОмГТУ, 2008. №2(68). С. 61–64.

10. Методика вибору основних параметрів системи керування розпушувального агрегату / Пелевін Л., Горбатюк Є., Терентьєв О., Волянюк В., Міщук Д. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Київ: КНУБА, липень-грудень 2018. №91. С. 66–72. DOI: 10.26884/gbdmm1891.0402.

11. Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process / Pelevin L., Gorbatyuk Ie., Zaichenko S., Shalenko V. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6, № 2 (90): Information technology. Industry control systems. P. 52–60.

ПЛАЗМЕННЫЕ АКТУАТОРЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Редчиц Д.А., Тарасов С.В., Полевой О.Б., Тучина У.Н.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина)
Моисеенко С.В.
Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Разработана физически обоснованная математическая модель развития во времени процессов аэродинамики, электродинамики, динамики частиц и химической кинетики для моделирования особенностей взаимодействия сплошной вязкой среды с плазмой диэлектрического барьерного разряда. Анализ проблемы базируется на решении уравнений Навье-Стокса, замкнутых дифференциальной моделью турбулентности, а также моделью ламинарно-турбулентного перехода, и уравнений, описывающих поведение низкотемпературной плазмы.

Разработана новая математическая модель низкотемпературной неравновесной идеальной плазмы диэлектрического барьерного разряда в воздухе. В качестве базового выбран диффузионно-дрейфовый подход для описания пространственно-временной структуры, включая нестационарные электродинамические процессы, кинетические явления и плазмохимические реакции. В модели учитываются электронно-возбуждённые и метастабильные состояния молекул азота и кислорода, нейтральные атомы кислорода, электроны, а также положительные и отрицательные ионы, в общей сложности 14 частиц и 97 плазмохимических реакций, включая поверхностные процессы. Химические реакции включают процессы диссоциации, ионизации молекул электронным ударом из основного состояния, ступенчатую, ассоциативную и фотоионизацию, возбуждение молекул, ионизацию возбужденных (метастабильных) молекул, прилипание и отлипание электронов, рекомбинацию электронов и положительных ионов, химические превращения нейтральных атомов, молекул и ионов, а также процессы вторичной эмиссии электронов из открытого электрода и диэлектрической поверхности.

Основной особенностью разработанной численно-аналитической модели является использование рационального количества уравнений для описания всех основных нестационарных параметров диэлектрического барьерного разряда в воздухе. Выбранные 14 видов частиц обеспечивают высокую точность математического моделирования основных плазмохимических реакций, включая как поверхностные процессы, так и быстротекущие явления в пространстве (развитие стримера и электронных лавин). Разработанная новая численно-аналитическая модель диэлектрического барьерного разряда позволяет качественно и количественно воспроизводить процессы диэлектрического барьерного разряда при работе плазменного актуатора и предназначена для адекватного воспроизведения силы Лоренца, действующей на турбулентный поток частично ионизированного воздуха, в широком диапазоне амплитуд и частот приложенного напряжения, а также параметров и свойств диэлектрической поверхности.

Система исходных уравнений аэродинамики, записывалась относительно произвольной криволинейной системы координат на подвижных сетках. Согласование полей давления и скорости осуществлялось с помощью метода искусственной сжимаемости, модифицированного для расчета нестационарных задач. Интегрирование системы исходных уравнений проводилось численно с использованием метода контрольного объема. Для конвективных потоков использовалась противопоточная аппроксимация Rogers-Kwak, основанная на схеме Roe третьего порядка точности. В моделях турбулентности и ламинарно-турбулентного перехода для аппроксимации

конвективных слагаемых применялась схема TVD с ограничителем потоков ISNAS третьего порядка.

Новая взаимно согласованная система исходных уравнений низкотемпературной плазмы, состоящая из уравнения для электрического потенциала и уравнений динамики частиц, записывалась в произвольной криволинейной системе координат. Впервые вводится несимметричная конечно-объемная аппроксимация вторых производных для электрического потенциала в уравнениях для динамики заряженных частиц плазмы с целью сохранения физических особенностей процесса адвекции. Аппроксимация производится с учетом несимметрично «отфильтрованного» значения плотности заряженных частиц плазмы, так как формальная математическая аппроксимация оператора с помощью симметричных конечно-разностных соотношений (как для диффузионных слагаемых) приводит к потере физических особенностей процесса переноса потока заряженных частиц в сплошных средах.

Разработана численно-аналитическая модификация уравнения Пуассона для электрического поля в криволинейной системе координат для непосредственного выделения операторов электрического потенциала, вместо опосредованного влияния через значения плотности заряженных частиц в источниковом слагаемом, с использованием противопоточной аппроксимации плотности заряженных частиц во вторых производных для электрического потенциала.

Для нестационарных уравнений динамики плазмы разработан неявный численный алгоритм с подитерациями по псевдовремени, который базируется на конечно-объемном подходе. Уравнение для электростатического потенциала с источниками решалось с помощью метода минимизации обобщенной невязки с неполным LU предобуславливанием. В нестационарных уравнениях для плотности частиц плазмы аппроксимация дрейфовых (адвективных) производных осуществлялась с помощью схемы TVD с функцией-ограничителем MinMod. Реализован единый неявный численный алгоритм для эффективного решения неоднородной системы исходных уравнений.

Проведена серия вычислительных экспериментов по моделированию нестационарных процессов низкотемпературной неравновесной плазмы диэлектрического барьерного разряда, а также ее влияние на управление структурой потока воздуха. Проведено детальное изучение стадий зарождения, развития и гашения катодонаправленного стримера для реальных конфигураций плазменных актуаторов на основе разработанной математической модели. Проанализированы нестационарные характеристики плазмы в области над диэлектрической поверхностью, включая распределение плотности частиц, электрического потенциала и компонент силы Лоренца.

Установлено влияние заряженных частиц плазмы на формирование силы Лоренца от времени. Показано, что основной вклад в ее формирование на положительном периоде оказывают положительные четырехатомные ионы кислорода. Для случая отрицательного полупериода колебания приложенного напряжения основной вклад осуществляется за счет отрицательных ионов кислорода.

Проведены параметрические исследования геометрических параметров плазменных актуаторов и их влияние на генерируемую скорость воздуха. Показано, что с увеличением амплитуды приложенного напряжения происходит рост генерируемой скорости воздуха, которая носит асимптотический характер. Уменьшение толщины диэлектрика приводит к увеличению генерируемой скорости воздуха.

Продемонстрировано возникновение движущей силы в результате воздействия четырех плазменных актуаторов на основе диэлектрического барьерного разряда на цилиндр, находящийся в покоящемся воздухе. Показана возможность уменьшения коэффициента сопротивления цилиндра с помощью плазменных актуаторов за счет подавления вихревой дорожки Кармана.

АНАЛІЗ ПЛАНУ СТАЛОЇ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ: ДОСВІД ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН

Рославцев Д.М.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна)

План сталої міської логістики (Sustainable Urban Logistics Plan) є корисним інструментом підтримки місцевих громадських керівників та зацікавлених сторін в управлінні міськими логістичними заходами та посиленні процесів розподілу вантажів до економічної, соціальної та екологічної стійкості та ефективності. План включає стратегії, заходи та правила, які можуть бути прийняті при спільному підході між різними суб'єктами для досягнення спільних цілей, спрямованих на загальну міську стійкість. Інакше кажучи, План сталої міської логістики (ПСМЛ) – це стратегічний план, розроблений для задоволення потреб мобільності вантажних перевезень людей та бізнесу у містах та їх околицях із метою досягнення кращої якості навколишнього середовища та життя. Він спирається на існуючі практики планування та належно враховує інтеграцію, співпрацю та принципи оцінювання. ПСМЛ потрібно розглядати як одну із основних частин Плану стійкої міської мобільності (ПСММ) (Sustainable Urban Mobility Plans), присвяченої інтеграції міських логістичних схем, послуг, правил у загальні стратегії мобільності [1].

Процес розробки стратегій та ПСМЛ у межах Планів сталої міської мобільності – це зусилля щодо організації ініціатив громадськими та приватними зацікавленими сторонами для досягнення ефективного та комплексного підходу з усунення проблем, спричинених міським вантажним транспортом, ураховуючи принципи сталої мобільності.

Оскільки міська логістика є частиною загального міського ландшафту мобільності, будь-яка спроба вивчити її ізольовано від загального середовища міста була б помилковою. Відповідно до проекту NOVELOG розроблені рекомендації щодо планування сталої міської логістики у місті [2]:

- зрозуміти сучасну ситуацію у містах стосовно вантажних перевезень та логістики;
- залучити зацікавлених сторін у плануванні міського вантажного транспорту (МВТ) та логістики у містах;
- визначити найдоцільніші рішення у міських вантажних перевезеннях на основі типології кожного міста;
- розвивати стійкі, економічно ефективні та економічно життєздатні рішення та стратегії функціонування МВТ;
- вимірювати ефективність рішень МВТ.

Стосовно розроблення довгострокового бачення та чіткого плану реалізації розуміється необхідність ресурсів та інструментів, визначення ролі та обов'язків приватних та державних зацікавлених сторін, а також встановлення часового плану та розподіл бюджету. Під час розробки сценаріїв функціонування МВТ та вибору заходів міська влада повинна розглянути тенденції щодо нових або інноваційних міських логістичних рішень, які здійснює транспортна та логістична галузь. Хоча міська логістика є порівняно новою галуззю містобудування та міського управління, міські логістичні заходи, зокрема кооперативні вантажні транспортні системи, консолідовані міські розподільчі центри та мікроконсолідація, вдосконалена маршрутизація та планування транспортних засобів за допомогою інтелектуальних транспортних систем, управління коефіцієнтом навантаження, ціноутворення на дорогах, інтелектуальне управління паркуванням, пункти збору електронної комерції, дрони для доставки останніх миль тощо, вже впроваджені по всій Європі.

Оцінювання поточних та майбутніх результатів необхідно проводити у напрямах: сильні та слабкі сторони; наявні потужності та ресурси; основні характеристики МВТ та фактори, що впливають на нього.

Варто зазначити, що оцінювання міської логістики може включати низку параметрів та джерела даних, більшість з яких зазвичай належать зацікавленим сторонам приватної галузі. Вони збираються або за допомогою технології спостереження та управління логістичною діяльністю (записування зон розвантаження вантажу, відстеження GPS транспортних засобів тощо), або шляхом оцінювання роботи генераторів логістики міста та роботи логістичних постачальників.

У Європейських країнах місцева влада співпрацює з логістичними учасниками та бізнесом задля забезпечення стійкої транспортної системи. В Україні вже розроблені ПСММ у трьох містах – Львів (2019 р.), Житомир (2019 р.), Миколаїв (2019 р.). Започаткована робота над ПСММ у чотирьох містах – Харків, Київ, Чернівці, Вінниця. Окремі питання функціонування вантажного транспорту представлені у ПСММ м. Житомир та м. Миколаїв. Утім в України наразі не має жодного проекту з міської логістики, однак потрібно зазначити, що масштаб проблеми ще не такий високий, як у мегаполісах Європи. Проте тенденція зростання потреби ефективного використання вантажного транспорту у містах України очевидна. А отже, доцільним та ефективним є проведення оцінювання європейських міських логістичних заходів задля розуміння необхідності планування міської логістики в українських містах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ambrosino G. (2015). Guidelines developing and implementing a Sustainable Urban Logistics Plan. ENCLOSE, 56 p.

2. Aifandopoulou, G., & Xenou, E. (2019). Sustainable Urban Logistics Planning. NOVELOG.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО РОЗМИТТЯ ҐРУНТУ ДЛЯ МОСТОВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОПОРИ

Щедролосєв О.В., Терлич С.В., Коновалова Г.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

В області сполучення обтічних потоком мостових опор із дном русел формується складний вихровий рух, який значно впливає на розмив ґрунту поблизу опор. Обтікання мостових опор (у більшості випадків) мають форму погано обтічних тіл і таким чином це безпосередньо пов'язано із локальним та місцевим розмиттям ґрунту в місцях їх встановлення. Для циліндричних мостових опор основним механізмом, який керує формуванням та еволюцією розмиття поглиблення, є підковоподібна вихрова система у основі опори [1]. Схематично, проаналізувавши результати досліджень [2, 3] цей механізм зображено на рисунку 1.

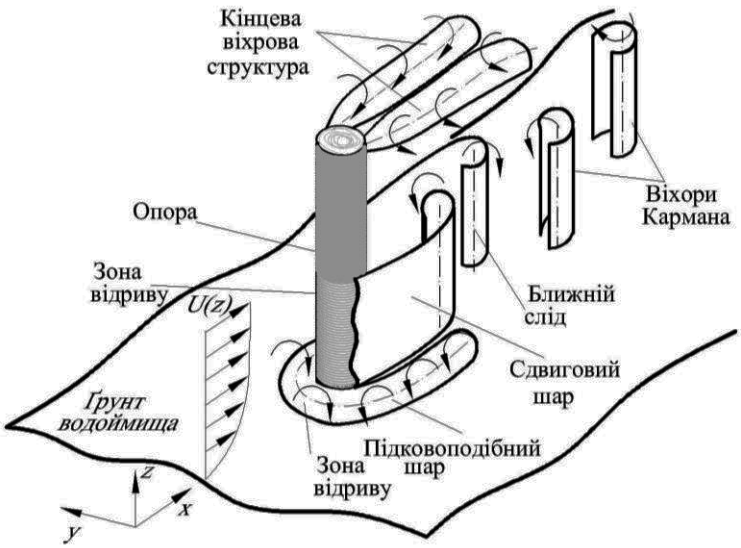


Рисунок 1 – Поле течії для циліндричної перпендикулярної дну опори моста

Із наближенням до циліндру прикордонний шар повинен подолати значний градієнт тиску, який утворюється гальмуванням потоку, що набігає. Це призводить до відривання прикордонного шару. В області відриву формується вихрова система, яка огинає циліндр у вигляді підковоподібної вихрової структури. Підковоподібний вихор сильно істотно модернізує структуру турбулентності потоку, що набігає на фронтальну ділянку опори. При відривання прикордонного шару, який сформований на оточуючій поверхні циліндричної опори, з бокових сторін утворюються циліндричні вихори, які при видаленні від області ближнього сліду циліндру формують доріжку вихорів Кармана (при достатньому подовженні циліндру)[5]. Відомо, що система підковоподібних вихорів навкруги циліндру опори визначається числом Рейнольдса [3, 5]

$$\mathrm{Re} = \frac{U \cdot D}{\nu}, \tag{1}$$

де U – швидкість набігаючого потоку, м/с; D – діаметр опори, м; ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості рідини, м^2/с.

При достатньо малих числах Рейнольдса ($\mathrm{Re} \approx 500$) перед опорою створюється один вихор. За мірою зростання цього значення, картина сильно ускладнюється. Первинний вихор переноситься за потоком вниз ближче до опори, в той час як лінія відриву

переміщується догори потоку. Встановлена вихрова структура спостерігається при Re < 2600 (три встановлені основні вихори). При 2500 < Re < 3500 система вихорів осцилує і при цьому з'єднується. При 3500 < Re < 6000 підковоподібна вихрова система розщеплюється та скидається вниз за потоком.

Залежно від місця розташування, конструкції опор та режиму обтікання змінюються кінематичні й динамічні характеристики підковоподібних слідів вихорів, а також їх інтенсивність впливу на ерозію прилеглого до них ґрунту. Так, наприклад, локальний розмив ґрунту у фронтальній частині поблизу першої у напрямку течії опори зростає, згідно [5, 6], майже в 1,2 рази при слідовому групуванні циліндричних опор на відстані близько 5*D* одна від одної. Взаємодія групи мостових опор, що мають неоднакову форму конструкції, а також слідові розташування опор паралельних і близько розташованих мостових переходів, практично не вивчені і літературних даних для таких конструктивних рішень не наведено. Це обумовлює необхідність проведення чисельних і експериментальних досліджень для вирішення такого класу завдань.

Авторами встановлено, що у воронці локального розмиву ґрунту перед циліндричною опорою для режиму, що досліджується, обтікання формуються у дві великомасштабні підковоподібні вихрові структури. Перша з них виникає при відриві прикордонного шару з передньої кромки отвору розмиву і формує верхній схил поглиблення. Друга підковоподібна структура меншого розміру утворюється при взаємодії зсувного шару над поглибленням і спадаючої течії вздовж фронтальної поверхні циліндричної опори та формує нижній схил поглиблення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Constantinescu G., Koken M. Time dependent and time averaged turbulence structure of flow past a surface mounted cylinde [Текст] // Proc. 4-th Int. Conf. on Computational Heat and Mass Transfer. – Paris-Cachan, France, 2005. – P. 139.
2. Воскобойник А.А. Визуализация сопряженного обтекания групповой мостовой опоры [Текст] / А.А. Воскобойник, А.В. Воскобойник, В.А. Воскобойник // Вісник Донецького університету. Сер. А: Природничі науки. – 2008. – Том 1. – С. 219-227.
3. Muzzammil M., Gangadhariah T. The mean characteristics of horseshoe vortex at a cylindrical pier [Текст] // J. Hydr. Res. – 2003. – № 41(3). – P. 285-297.
4. Каліон В.А. Обчислювальна гідромеханіка. Рівняння Нав'є – Стокса : навч. посіб. [Текст] / В.А. Каліон. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2016. – 221 с.
5. Никишов В.И. От гидравлики открытых потоков – к гидромеханике речных систем [Текст] / В.И. Никишов // Прикладна гідромеханіка. – 2007. – Том 9. – № 2-3. – С. 103-121.
6. Нікішов В.І., Горбань В.О., Олексюк В.В., Воскобійник О.А., Соколовский Г.П., Піхур С.В. Експериментальні дослідження структури потоку при обтіканні мостових опор [Текст] // Річний звіт Інституту гідромеханіки. – 2005. – Київ. – С. 82-83.

СЕКЦІЯ:
ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГОДЫ В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Александрова Н.Г., Кулинич В.В.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. Для судоводителей наиболее важными вопросами по гидрометеорологии являются основные физические процессы и явления, происходящие в атмосфере и в водных объектах. Во второй половине XX века наблюдается рост средней температуры воздуха [1]. По данным Всемирной метеорологической организации, период с 2011г. по 2020г. стал самым теплым десятилетием за всю историю наблюдений, а наиболее теплые шесть лет – все годы, начиная с 2015 года. По данным Всемирной Метеорологической Организации (ВМО), 2020 год вошёл в четвёрку самых жарких за всю историю наблюдений, наряду с 2015, 2016 и 2017 годами [2].

Процесс изменения климата и его последствия зависят от географического расположения исследуемой местности. 2020 год побил рекорд 2005 года по количеству штормов над Атлантическим океаном. Вследствие неблагоприятных погодных условий возникает риск повреждения или потери судна или груза, увеличение вероятности летальных случаев и ухудшение здоровья членов экипажа и др. Одним из возможных способов решения данной проблемы является эффективное планирование перехода судов между портами, которое включает в себя предварительный анализ погодных условий на заданный период времени.

Актуальность исследования – проанализировать формирование и действие опасных явлений погоды в северной части Атлантического океана.

Постановка задачи. Проведен анализ погоды в океане за 2 года (2019-2020), где основное внимание уделялось формированию внетропических циклонов в зоне умеренных широт. Для исследования использовали материалы сайта Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA) и wetter3.de [3, 4].

Результаты исследования. В северной части Атлантического океана преобладает западный перенос воздуха. Воздушные течения в зоне умеренных широт меняются довольно часто. Это вызвано активной циклонической деятельностью, в результате чего наблюдается постоянное возникновение, развитие и перемещение в атмосфере внетропических широт крупномасштабных атмосферных возмущений. Этот процесс обусловлен значительной неоднородностью циклонической циркуляции, что, в свою очередь, отражается на изменении барических градиентов, скорости ветра, на различных углах отклонения ветра от градиентного в разных циклонах и даже в одном и том же циклоне на разных стадиях развития и в различных его частях [5].

Циклоны играют ведущую роль в формировании погоды и климата в умеренных широтах. Рассмотрение механизмов формирования опасных явлений погоды в циклонических вихрях целесообразно начать с рассмотрения особенностей общей циркуляции атмосферы над исследуемым районом. Преобладающее большинство циклонов, возникающих в умеренных широтах Атлантического океана, являются фронтальными волновыми возмущениями. Фронтальные циклоны (и антициклоны) являются результатом возникновения над тропосферным фронтом динамично неустойчивых бароклинных волн в атмосфере. Во внетропических широтах каждого полушария в течение года может возникать около сотни циклонов. Характер и интенсивность основных климатообразующих факторов существенно изменяется по сезонам. По размерам они очень значительны. Внетропические циклоны меняются в широком диапазоне от сотен до тысяч километров в диаметре [6, 7, 8].

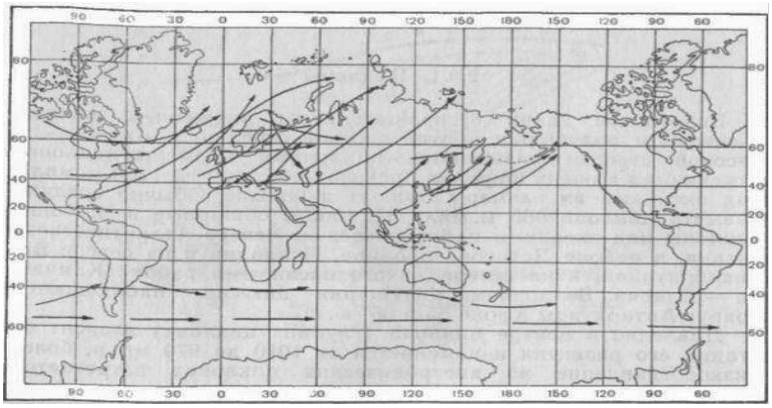


Рисунок 1 – Основные траектории внетропических циклонов

Общая циркуляция атмосферы сильно изменяется под влиянием различных условий. Высокое давление в зоне 30-35°N неравномерно распределяется по поясам, но имеет тенденцию усиливаться. Оно дополнительно изменяется ветрами циклонического происхождения и различными местными ветрами. Подавляющее большинство подвижных циклонов внетропических широт возникает на тропосферных полярных и арктических фронтах, причем в циклон вовлекаются обе воздушные массы, разделенные фронтами. Мощные глубокие циклоны возникают путем последующей эволюции и слияния (объединения) подвижных фронтальных циклонов.

Анализ синоптических карт за отдельные сроки показывает, что распределение атмосферного давления все время меняется. Эти изменения обусловлены в основном изменением температуры и циркуляционными факторами — перемещением и эволюцией циклонов и антициклонов, что обусловлено зональностью в распределении давления (рис. 2) [9].

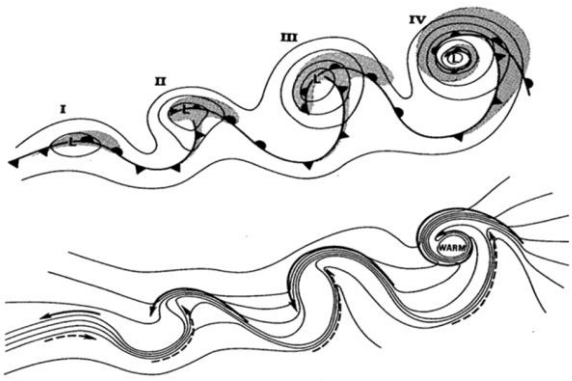


Рисунок 2 – Эволюция морского циклона согласно модели Шапиро-Кейзера, 1990 [9]. Четыре фазы эволюции слева направо: зарождающаяся фронтальная волна (I), фронтальный излом (II), изогнутый задний фронт и фронтальная структура Т-кости (III), а также теплое уединение (IV). Верхний ряд показывает развитие с течением времени изобар, фронтов и форм облаков. Нижний ряд показывает потоки холодного и теплого воздуха сплошными и пунктирными стрелками, а также изотермы (линии равной температуры) – сплошными тонкими линиями

Поскольку фронтальная зона представляет собой зону разницы температур по горизонтали и вертикали, плотность атмосферы изменяется, и изобары образуют впадину с более низким давлением. Чем сильнее фронтальная зона, то есть, чем больше разница температур (плотности), тем ниже давление в желобе и тем сильнее связанные ветры.

Наличие центров действия атмосферы (ЦДА) не означает, что в этих или иных местах планеты круглый год или весь сезон располагается одно и то же устойчивое барическое образование — циклон или антициклон. В действительности циклоны и

антициклоны в атмосфере постоянно и достаточно быстро сменяют друг друга, перемещаясь из одних районов Земли в другие.

Климатологические карты только позволяют выяснить преобладание одних форм барического рельефа над другими – циклонической деятельности над антициклонической и наоборот [10]. Свойства воздушной массы в значительной мере определяют погодные характеристики над занимаемой ею территорией. Смена воздушных масс в процессе циклонической деятельности приводит к непериодическим изменениям погоды.

В подтверждение этой теории рассмотрим изменение движения образовавшихся циклонов на примере осенне-зимнего периода 2019 и 2020 г.г. в зоне действия постоянных и сезонных центров атмосферы в северной части Атлантического океана. Начиная с ноября как 2019 г., так и в 2020 г. в Атлантике четко просматривалось как влияние и преобладание теплых воздушных масс тропического происхождения, так и холодных арктических масс. Однако зимой 2020 г. движение циклонов по европейской части наиболее часто притормаживалось влиянием сезонных холодных воздушных масс восточного и северо-восточного направления, что отразилось на усилении циклонов и ухудшении погоды в прибрежных европейских территориях и Балтийском море (рис. 2, 3).

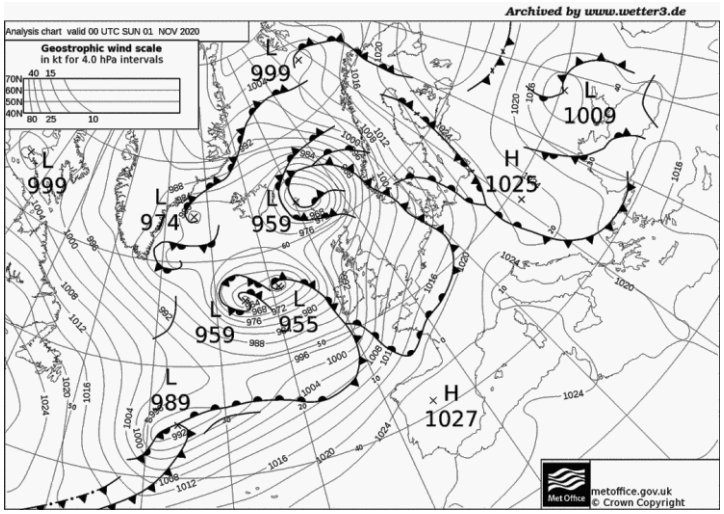


Рисунок 3 – Карта погоды за ноябрь 2019 года

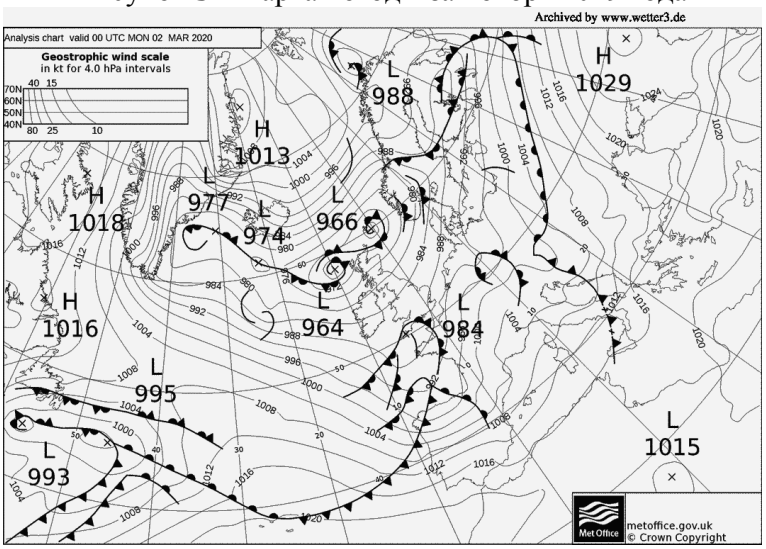


Рисунок 4 – Карта погоды за март 2020 года

В течение всего зимнего периода этих лет картина формирования циклонов в северной Атлантике практически не изменилась, т.е. температура в циклоне менялась в зависимости от поступления воздуха. Если приток воздуха шел из низких широт, то в

передней части циклона температура повышалась, и наоборот, если воздух из высоких широт - то в тыловой части происходило понижение температуры.

За период своего существования циклоны в Атлантике перемещались на значительное расстояние, меняя на своем пути погодные условия, часто вызывая возникновение опасных явлений. Наибольшее количество опасных явлений было зафиксировано в районе прибрежной зоны Европейского континента и Балтийском море. Погода характеризовалась сплошной облачностью и обильными осадками как ливневыми, так и моросящими.

Наиболее сложные условия погоды (продолжительный ураганный ветер по всей площади циклона, ухудшение видимости) отмечались в период регенерации циклонов, что наиболее часто происходило в 2020 году (рис. 4). При этом в системе циклона возникают новые атмосферные фронты, которые усиливали облачность и осадкообразование.

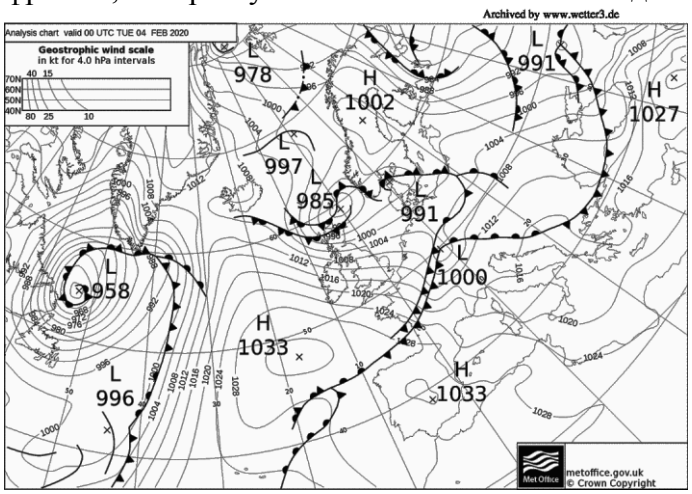


Рисунок 5 – Карта погоды за февраль 2020 года

Выводы. Исследования характера погоды в осенне-зимний период 2019-2020 г.г. показали, что формирование фронтальных циклонов в зоне умеренных широт сопровождалось возникновением опасных явлений, вызванных сильными ветрами. Кроме того, в зоне фронтов имел место сильный дождь, твердые осадки и осадки смешанного характера. Процесс повышения температуры воздуха в последние годы способствовал усилению действия сезонных климатологических центров, что особенно ярко проявилось в 2020 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаппо С.С., Соков А.В., Терещенков В.П., Добролюбов С.А. Океан и колебания климата // Российская наука: выстоять и возвратиться, Межд. Научн. Фонд РФФИ. – М., 1997. С. 245-251.
2. Всемирная метеорологическая организация [Электронный ресурс]. URL: https://public.wmo.int/ru/media.
3. National Oceanic and Atmospheric Administration [Электронный ресурс]. URL: https://www.noaa.gov/.
4. The World in Weather Charts [Электронный ресурс]. URL: http://www1.wetter3.de/index_en.html.
5. Гордиенко А.И., Дремлюг В.В. Гидрометеорологическое обеспечение судовождения: учебник для вузов мор. транс. – М.: Транспорт, 1989. – 240 с.
6. Кісєльов В.П. Метеорологія та океанографія для судноводіїв.– Одеса: Латстар, 2001. – 291 с.
7. Циклоны и антициклоны [Электронный ресурс]. URL: https://flot.com/publications/books/shelf/shipnavigation/85.htm.

8. Бенгтссон, Л. Интенсивные атмосферные вихри [Тр. симпоз., г. Рединг (Англия) 14-17 июля 1981 г.] / Под ред. Л. Бенгтссона, Дж. Лайтхилла; Пер. с англ. Е.М. Добрышмана; Под ред. Г.С. Голицына. - М.: Мир, 1985.

9. American Practical Navigation an epitome of navigation originally by Nathaniel Bowditch, volume I, 2019 edition.

10. Алексишин В.Г., Долгочуб В.Т., Белов А.В. Практическое судовождение: учеб. пособие // Одесская национальная морская академия. – 2-е изд., испр. и доп. - О.: Фенікс, 2006. – 376 с.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЛИННОМЕРНОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Алексенко В.Л., Букетов О.А., Коновал И.О.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
Фостык П.П.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(Украина)

Вступление. Украина долгие годы имеет статус одной из крупнейших держав производителей стали. В конце нулевых наша страна была на восьмом месте в глобальном рейтинге государств производителей стали. Последние несколько лет Украина по-прежнему замыкает первую десятку по версии Worldsteel.

Обладая существенными производственными мощностями, Украина не сумела создать развитый внутренний рынок стали. Причин тому много. Не последняя из них та, что в советский период черная металлургия создавалась в расчете на обеспечение рядовой сталью, в том числе соседних республик.

Другая причина в том, что не один десяток лет приоритетным для украинских заводов и комбинатов остаётся экспорт. На внешние рынки отправляется около 80% произведенной в Украине металлопродукции. Внутренний рынок стали в Украине хотя декларируется как приоритетный, но функционирует по остаточному принципу. Кризис внутреннего потребления металла игнорируется – в отличие от экспортных проблем предприятий отрасли. Тем временем в Китае или России внутренний рынок является базисным по заработку для производителей.

Перевозка металлопродукции. Отдельную проблему представляет транспортировка металлопродукции. Наряду с железнодорожным транспортом, морские и речные перевозки металлопродукции являются распространенным способом транспортировки в силу относительно низкого уровня капитальных затрат на организацию судоходства, высокой провозной способности (в морях и глубоководных реках), а также сравнительно невысокой себестоимости перевозок.

Для Украины речной и морской транспорт являются приоритетными, ввиду наличия судоходной реки Днепр, пересекающей ее территорию с севера на юг вблизи крупных промышленных предприятий, а также морских портов в Черном и Азовском морях. Кроме того, Украина имеет порты на реке Дунай, что обеспечивает ей прямой выход в страны Евросоюза.

Следует также отметить возрастающую роль автоперевозок на внешнем и внутреннем рынках, обусловленную потребностью оперативности, а также нехваткой оборотных средств и сокращением объёмов внутреннего производства. В результате многие предприятия перешли от вагонных поставок к автотранспортным, что в свою очередь влечёт увеличение объёмов погрузочно-разгрузочных работ.

Погрузочно-разгрузочные работы при перевозке металлопродукции составляют существенную часть общих транспортных расходов. Высокомеханизированные склады металлургических предприятий и крупных портов располагают необходимыми грузоподъемными механизмами и приспособлениями, обеспечивающими безопасное перемещение, кантовку, погрузку и выгрузку [1, п.п. 2.6, 3.2, 3.8].

Тем не менее погрузочно-разгрузочные работы всегда сопряжены с риском повреждения транспортируемых грузов. Для длинномерного проката (лист, арматура, трубы, прокатный профиль) это остаточные пластические деформации, полученные в результате

неправильной строповки (обвязки, крепления и подвешивания груза к крюку грузоподъемной машины с помощью стропов, изготовленных из канатов, цепей и других материалов).

В соответствии с [1, п. 2.6] для проведения погрузочно-разгрузочных работ должны быть разработаны схемы строповки грузов в зависимости от их вида, массы, формы. В доступной специальной литературе [2, 3] отсутствуют рекомендации по расположению мест строповки пакетов длинномерного металлопроката. Однако, для простейших способов строповки, коммерческие сайты рекомендуют строповку в сечениях, отстоящих от концов пакета на ¼ его общей длины [4].

Такая рекомендация является строго оптимальной, но лишь для случая вертикального расположения ветвей стропов, реализуемого подвеской на траверсы, но не учитывает продольно-поперечный изгиб пролётной части стержней пакета при значительных углах между ветвями стропов.

Цель разработки. Дать рекомендации по рациональному расположению сечений подвески при строповке длинномерной металлопродукции, уменьшающей вероятность её повреждений пластическими деформациями.

Оптимизация положения сечений строповки. При погрузочно-разгрузочных работах длину стропов выбирают исходя из того, что при малой длине угол между ветвями будет больше 90° и стропы будут перегружены. При большой длине — теряется высота подъема груза и возникает возможность его кручения. Оптимальные углы между ветвями стропов находятся в пределах 60°– 90° [2, с. 219].

Обращаем внимание на то, что отдельные изделия, входящие в перемещаемый пакет, изгибаются независимо друг от друга из-за отсутствия между ними касательных напряжений (силами трения пренебрегаем, что даёт погрешность в безопасную сторону).

Ниже приводятся некоторые результаты решения задач определения оптимального положения сечений строповки и напряженно-деформированного состояния пакетов длинномерного металлопроката.

При строповке на 2-х вертикальных стропах, их отстояние от концов стержня должно обеспечивать равенство опорных M_1 и пролётного M_2 изгибающих моментов, откуда вытекает рекомендуемая длина консоли $l_K = \alpha l$, где в данном случае $\alpha = 1/4$, l - общая длина пакета.

Для этого случая получена зависимость, связывающая длину прямоугольной полосы l с её толщиной t и плотностью материала γ, при которой в опасных сечениях возникают наибольшие нормальные напряжения σ.

$$l = k_1\sqrt{t} \quad \text{где} \quad k_1 = \sqrt{16\sigma/3\gamma} \qquad (1)$$

Условие отсутствия пластических деформаций при коэффициенте запаса n $\sigma \leq [\sigma] = \sigma_T / n$, где σ_T - предел текучести материала.

В частности, для стали Ст3, Ст4 σ_T = 240 МПа, для сплава Д16, Д16П σ_T = 290 МПа. При n = 1,5: $[\sigma]_{ст}$ = 160МПа, $[\sigma]_{Д16}$ = 190Мпа.

В табл. 1 приведены предельные длины полос и листов из перечисленных материалов по условию отсутствия пластических деформаций.

Таблица 1 – Допускаемая длина $l_{доп}$ полос

t, мм	$l_{доп}$, мм		t, мм	$l_{доп}$, мм	
	Ст3, Ст4	Д16, Д16П		Ст3, Ст4	Д16, Д16П
1,0	3310	6020	8	9360	17020
1,5	4050	7370	10	10460	19020
2	4680	8510	12	11460	20840
4	6620	12030	16	13230	24060
6	8100	14740	20	14790	26900

Если длина пакета существенно превышает допускаемую, то для строповки следует использовать дополнительные сечения.

Продольно-поперечный изгиб пакета. Расчётная схема такой подвески представлена на рис 1. В качестве оптимальной рассмотрим симметричную строповку, при которой наибольшие напряжения в сечениях крепления стропов и центре пролёта равны. Для расчёта пролётной части стержня используем приближенное решение [5, с.458]:

$$w_{\text{п}} = w_0 \frac{1}{1 - S/F_{\text{Э}}} \tag{2}$$

$$F_{\text{Э}} = \frac{\pi^2 EI}{(\nu l)^2} \tag{3}$$

$$\sigma_{m\Pi} = \frac{S}{A} + \frac{M_0}{W} \frac{1}{1 - S/F_{\text{Э}}} \tag{4}$$

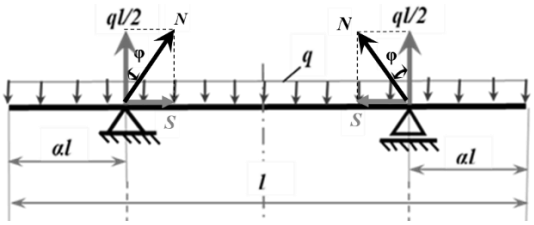


Рисунок 1 – Расчётная схема подвески длинного призматического стержня

Здесь: $w_{\text{п}}$ – прогиб в центре пролёта стержня при продольно-поперечном изгибе; w_0 и M_0 – прогиб и изгибающий момент в центре пролёта стержня при поперечном изгибе (только от поперечной нагрузки); S – сжимающее усилие; $F_{\text{Э}}$ и EI – эйлерова сила и изгибная жёсткость данного стержня; νl – приведенная длина пролёта; A и W – соответственно площадь и момент сопротивления поперечного сечения.

Приравняв наибольшие опорные и пролётное сжимающие напряжения с учётом приближенных зависимостей (2) – (4) приходим к уравнению 4-й степени относительно оптимального α_0:

$$8\alpha_0^4 - 8\alpha_0^3 + 2\alpha_0^2 - \frac{4}{c}\alpha_0 + \frac{1}{c} = 0 \tag{5}$$

где $c = \dfrac{\gamma l^3 tan\varphi}{\pi^2 E i^2}$ для полосы толщиной t: $i^2 = t^2/12$ $\quad c = 12\dfrac{\gamma l^3 tan\varphi}{\pi^2 E t^2}$ (6)

В табл. 2 приведены значения коэффициента α_0 для стальных листов и полос одной из наиболее распространённых длин l = 6000 мм.

Таблица 2 – Коэффициент α0 оптимальной длины консолей при строповке стальных листов и полос l = 6 м

t мм \ φ	45^0	30^0	15^0
2.5	0.34424	0.31442	0.28311
5	0.27227	0.26829	0.25856
10	0.25798	0.25462	0.25214
20	0.25200	0.25116	0.25054

Подвеска на 3-х вертикальных ветвях стропов. При симметричной подвеске на 3-х стропах (рис. 2), условие равнопрочности сечений: $- M_1 = M_0 = - M_2$ распадается на два равенства (9) и (10).

$$- M_1 = M_0 \quad (7)$$

$$M_0 = - M_2 \quad (8)$$

Двухпролётная балка (рис. 2) один раз статически неопределима.

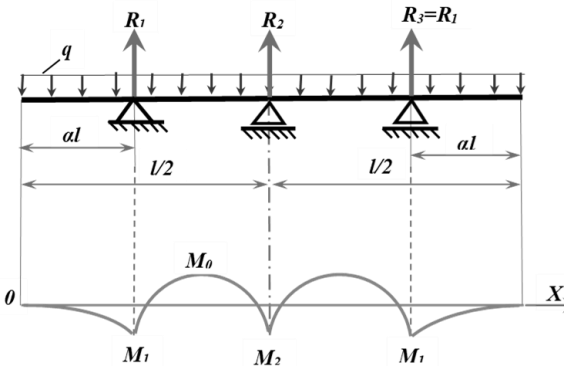


Рисунок 2 – Расчётная схема подвески пакета в 3-х плоскостях

В силу симметрии, сечение 2 балки неподвижно в отношении поворотов и прогибов, что эквивалентно жёсткой заделке.

Поэтому для получения решения взамен этой балки рассматривалась также один раз статически неопределимая половина балки с жёсткой заделкой по оси симметрии, справочные данные для которой приведены в [5, с.344 и 347].

Условия (9) и (10) невозможно выполнить только за счёт подбора параметра α (длины консоли). Поэтому для регулировки опорных моментов добавлен второй – вертикальное смещение крайних опор $w_1 = w_3$ относительно средней $w_2 = 0$.

В результате получена система линейных относительно M_1 и w уравнений (9) и (10)

$$5M_1 - 2cbw = \frac{qb^2}{16} \quad (9)$$

$$M_1 + 6cbw = \frac{qb^2}{4} \quad (10)$$

откуда $$w = \frac{qb}{32c} \quad (11)$$

$$M_1 = \frac{qb^2}{16} \quad (12)$$

Учитывая, что пролёт b между опорами 1 и 2 на рис. 2 и длины стержня l и свесов αl связаны соотношением $b = (1/2 - \alpha)\, l$ (13), а также равенство абсолютных значений опорных и пролётных моментов, получим уравнение для α, обеспечивающего равнопрочность опорных и пролётных сечений:

$$\alpha^2 + 1/7\,\alpha - 1/28 = 0 \quad (13)$$

из которого $$\propto = \sqrt{\frac{2}{49}} - \frac{1}{14} \cong 0{,}1306 \quad (14)$$

В результате находим необходимое для выравнивания опорных и пролётного моментов вертикальное смещение опор

$$w = k_2 \left(\frac{i}{z_m}\right)^2 \quad (15)$$

где $$k_2 = \frac{8}{3E}\frac{\sigma_m^2}{\gamma} \quad (16)$$

Удобно смещение опор представить в относительной форме

$$\frac{w}{l} = k_3 \frac{i}{\sqrt{z_m^3}} \quad (17)$$

где $$k_3 = \frac{1-2\propto}{3E}\sqrt{\frac{\sigma^3}{\gamma}} \quad (18)$$

Здесь i –радиус инерции площади A поперечного сечения стержня; z_m - расстояние от оси изгиба до наиболее удалённого сжатого слоя материала.

Ниже представлены выражения для: l_σ - длины изделия, которой соответствует уровень наибольших напряжений σ в опорных и пролётных сечениях; σ - наибольших напряжения от собственного веса в опорных и пролётных сечениях при длине изделия l.

$$l_\sigma = \frac{4i}{0{,}5-\propto}\sqrt{\frac{\sigma}{\gamma z_m}} \quad (19)$$

$$\sigma = \frac{(0{,}5-\alpha)^2}{16}\gamma\frac{z_m}{i^2}l^2 \quad (20)$$

Пример. Расчёт двутавра №20 ГОСТ 8239-72 на 3-х вертикальных стропах (рис.2) в положении «плашмя» (i = 20,7 мм, z_m = 50 мм)

$w_{\sigma=160} = 750$ мм; $\frac{w}{l_{\sigma=160}} = 1{,}652 \cdot 10^{-2}$ $l_{\sigma=160} = 4{,}540 \cdot 10^4$мм; $\sigma = 160{,}0$ МПа

Выводы и рекомендации. Рассмотрены вопросы рациональной строповки длинномерных пакетов металлопродукции при погрузочно-разгрузочных работах на транспорте.

Решены задачи оптимизации элементов симметричной подвески:

- в 2-х плоскостях с помощью наклонных стропов с учётом продольно-поперечного изгиба;
- в 3-х плоскостях с помощью вертикальных стропов.

Предложены рабочие формулы для расчёта параметров подвески, использование которых уменьшит вероятность повреждений длинномерного металлопроката.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.3.002-75* (СТ СЭВ 1728-89) Система стандартов безопасности труда Процессы производственные Общие требования безопасности.
2. Строповка грузов: Справ. изд. / Оберман Я.И. М.: Металлургия. 1990. 336 с.
3. Справочник мастера погрузочно-разгрузочных работ: учебно-практическое пособие / Ш.М. Мерданов, В.Е. Буженко, Д.В. Райшев, А.В. Шаруха; под ред. Ш.М. Мерданова. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. — 440 с.
4. https://atis-ars.ru/katalog/sxem_049-stropovka-pachki-listovogo-metalla/ НПП «Центр Охраны Труда».
5. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В.: Отв. ред. Писаренко Г.С. — 2-е изд., перераб. и доп. — Киев: Наук. думка, 1988. — 736 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Браїло М.В., Субботіна Н.Є., Алексенко В.Л.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Янутенене Й.
Клайпедський університет
(Литва)

Постановка проблеми. Одним із основних конструктивних елементів системи охолодження суднової енергетичної установки (СЕУ) є теплообмінні апарати. Використання теплообмінників в агресивному середовищі та постійній змінні температури призводять до руйнування конструктивних елементів, тому важливим є їх захист та відновлення технічного стану. Актуальним в даному напрямку є розробка полімерного матеріалу, який дозволить захистити поверхні конструктивних елементів теплообмінних апаратів в умовах зміни температур та впливу агресивного середовища.

Мета роботи – провести дослідження теплофізичних властивостей нанокомпозитних матеріалів для захисту елементів суднових технічних засобів.

Результати досліджень та їх обговорення. З метою формування матриці для композитного матеріалу (КМ) з поліпшеними теплофізичними властивостями використовували епоксидну діанову смолу ЕД-20, поліефірну смолу Norsodyne O 12335 AL та їх твердники, і нанонаповнювачі (окиснена нанодисперсна добавка (ОНД) з дисперсністю d = 5…8 нм, пірогенний діоксид кремнію (ПДК) – d = 7…12 нм). Встановлено, що максимальними значеннями теплостійкості (за Мартенсом) відрізняється матеріал за вмісту наночасток ОНД у кількості q = 0,06…0,08 мас.ч. (T = 346 К за вмісту q = 0,075 мас.ч. ОНД). Проаналізовано, що введення часток наповнювача ПДК у кількості q = 0,075 мас.ч. дозволяє підвищити значеннями теплостійкості (за Мартенсом) до T = 349 К. При дослідженні термічного коефіцієнту лінійного розширення встановлено, що за вмісту наночасток ОНД у кількості q = 0,05 мас.ч. КМ відрізняється мінімальними показниками ТКЛР у температурних діапазонах до T = 423 К. Зокрема, в області ΔT = 303…323 К – α = 1,0 ×10^{-5} $К^{-1}$, в області ΔT = 303…373 К – α = 1,9 ×10^{-5} $К^{-1}$, в області ΔT = 303…423 К – α = 3,4 × 10^{-5} $К^{-1}$. В області температур ΔT = 303…473 К мінімальними значеннями відрізняється КМ за вмісту q = 0,1 мас.ч. ОНД – α =7,9 ×10^{-5} $К^{-1}$. За вмісту q = 0,05 мас.ч ТКЛР КМ у даному діапазоні становить α = 8,4 ×10^{-5} $К^{-1}$.

Висновки. Доведено, що при введені q = 0,075 мас.ч. ОНД теплостійкість (за Мартенсом) композиту становить T = 346 К. Проаналізовано, що мінімальними показниками ТКЛР відрізняється композит за вмісту q = 0,05 мас.ч. ОНД. При цьому: в області ΔT = 303…323 К – α =1,0 ×10^{-5} $К^{-1}$, в області ΔT = 303…373 К – α =1,9 ×10^{-5} $К^{-1}$, в області ΔT = 303…423 К – α =3,4 ×10^{-5} $К^{-1}$. Встановлено, що для формування композитного матеріалу із поліпшеними у комплексі теплофізичними властивостями, для відновлення технічного стану і захисту елементів теплообмінних апаратів суднових енергетичних установок, слід вводити в епокси-поліефірний зв'язувач q = 0,05 мас.ч. нанонаповнювача пірогенний діоксид кремнію. При цьому показник теплостійкості (за Мартенсом) становить T = 347 К, ТКЛР: в області ΔT = 303…323 К – α =1,0 ×10^{-5} $К^{-1}$, в області ΔT = 303…373 К – α =1,9 ×10^{-5} $К^{-1}$, в області ΔT = 303…423 К – $\Delta\alpha$ =3,4 ×10^{-5} $К^{-1}$, в області ΔT = 303…473 К – α =8,4 ×10^{-5} $К^{-1}$.

МОДИФІКАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ СИЛЬНОСТРУМОВИМ ЕЛЕКТРОННИМ ПУЧКОМ

Брюховецький В., Донець С.Є., Литвиненко В.В., Мила Д.Є., Погребняк П.С.
Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України
(Україна)
Лонін Ю.Ф., Пономарьов А.Г., Уваров В.Т.
ННЦ Харківський фізико-технічний інститут НАН України
(Україна)

Вступ. На теперішній час активно дискутується питання про доцільність застосування алюмінієвих сплавів для потреб суднобудування [1]. Серед переваг алюмінієвих сплавів порівняно зі сталями називають меншу вагу конструкцій (виграш приблизно в три рази) [2,3] але разом з тим існує проблема досягнення міцнісних характеристик та підвищення показників корозійної стійкості, а також пожежної безпеки. Одним з перспективних інструментів одержання сплавів з заданими властивостями є прискорювачі сильнострумових релятивістських електронних пучків. Технології на їх основі беззаперечно є ресурсозберігаючими, оскільки за рахунок модифікації поверхневого шару забезпечують задані експлуатаційні характеристики виробу.

Матеріали та методика експерименту. Хімічний склад досліджуваного сплаву 1933 становить (1,6 - 2,2% Mg; 0,8 - 1,2% Cu; 0,1% Mn; 0,66 - 0,15% Fe; 0,1% Si; 6,35 - 7,2% Zn; 0,03 - 0,06% Ti; 0,05% Cr; 0,10 - 0,18% Zr; 0,0001 - 0,02% Be; основа Al) .

Опромінення пластин сплаву проводилось на прискорювачі ТЕМР-А в ННЦ ХФТІ НАН України, який генерував пучок електронів з такими параметрами (енергія пучка E ~ 0,35 МеВ, струм I ~ 2000 А, тривалість фронту імпульсу 5 • 10-6 с, діаметр пучка D ~ 3,5 см).

Дослідження мікроструктури проводили за допомогою світлового мікроскопа МІМ-6 з цифровою камерою Pro-MicroScan. Мікротвердість за Віккерсом вимірювали при кімнатній температурі на повітрі за допомогою тестера мікротвердості ПМТ-3. Якісний та кількісний рентгенівський аналіз проводили на рентгенівському дифрактометрі Shimadzu XRD-6100.

Аналіз хімічного складу локальних мікрооб'ємів вихідних зразків сплаву проводили за допомогою скануючого електронного мікроскопа JEOL JSM-840, оснащеного пристосуванням для енергетично-дисперсійного рентгенівського мікроаналізу. Енергетично-дисперсійний рентгенівський мікроаналіз локальних мікрооб'ємів шарів опроміненого сплаву проводили за допомогою скануючого електронного мікроскопа Tescan VEGA 3 LMH із насадкою для рентгенівського енергетично-дисперсійного мікроаналізу системи Bruker XFlash 5010.

Обговорення здобутих результатів. Особливістю взаємодії сильнострумових релятивістських електронних пучків (СРЕП) з матеріалами є комплексність впливу радіаційних, температурних та механічних чинників. Разом з тим, СРЕП забезпечує інжекцію енергії в об'єм опромінюваної мішені протягом дії імпульсу, таким чином, що максимальне енерговиділення розташовується в підповерхневій області на глибині приблизно 1/3 довжини вільного пробігу електрона. Імпульсний характер процесів, за умов виділення потужності на поверхні близько 10^{10} - 10^{12} Вт/м^2 зумовлює розплавлення поверхні мішені, викид розплавленої речовини (абляції), наступну їх конденсацію, інтенсивний теплообмін та низку термо- і радіаційно-акустичних процесів. Це в свою чергу вимагало розробки адекватних фізичних моделей, що здатні кількісно описувати низку процесів, що відбуваються внаслідок дії СРЕП.

Недоліком даного способу обробки було те, що поверхня зразка оплавлялась і на ній утворювались кратери. Вона містила явні сліди нерівного рельєфу, що накладало певні обмеження на технологічні застосування. Нами було встановлено, що ефект покращення пластичних властивостей внаслідок опромінення, досягався завдяки таким ефектам, як подрібнення зерен та утворення напрямків їх переважної орієнтації. Переплав матеріалу електронним пучком також зумовлював перерозподіл легуючих елементів, що було нами встановлено в роботі [4] на прикладі промислового алюмінієвого сплаву 1933. Таким чином модифікований шар дійсно є окремою підсистемою, яка здатна генерувати нові властивості матеріалу в процесі його технологічної обробки та подальшої експлуатації. Тому важливими з нашої точки зору є два напрямки подальших досліджень, одним з яких є вивчення структурно-фазових перетворень під дією імпульсного пучка електронів на службові характеристики алюмінієвих сплавів, а найбільш доречним способом усунення повеневого рельєфу нам видається застосування високотемпературної прокатки, що в певній мірі є частковою реалізацією методу, описаного в роботі [5]. Тобто великий інтерес становить з'ясування особливостей двостадійної обробки матеріалу, яка передбачає опромінення сильнострумовим релятивістським пучком з наступною прокаткою опроміненої пластини.

Висновки. Модифікуюча обробка сильнострумовим релятивістським електронним пучком сплаву 1933 призводить до оплавлення його поверхневого прошарку. На поверхні переплавленого прошарку формується каплевидний рельєф із сіткою мікротріщин. Рентгенівські дифрактометричні дослідження показали, що в поверхневому переплавленому прошарку є присутнім в досить значних обсягах (біля 2,5 масових %) оксид магнію. На рентгенограмі не знайдено піки фаз $MgZn_2$, $Mg_3Zn_3Al_2$ і Al_2CuMg, які можуть бути присутніми в сплавах системи Al-Mg-Cu-Zn. В результаті опромінення в поверхневому шарі товщиною порядка 100 мкм збільшується мікротвердість на 30% та істотно підвищуються показники займистостійкості, що є важливим для транспортного машинобудування, де використовується даний сплав.

З огляду на формування кристалоподібних структур становить інтерес проаналізувати спектр вторинного гама-випромінювання для з'ясування наявності поляризаційної складової гальмівного випромінювання. Особливо це має значення у випадку обробки двома та більше імпульсами.

ЛІТЕРАТУРА

1. W. Jurczak / Study of the corrosion resistence of ship aluminum alloys // Scientific journal of Polish Naval Academy.- 2016 (LVII) 3 (206).- p.37-65.

2. Taylor, D.A. 1980. Merchant ship construction. Butterworth &Co.(Publishers) Ltd. Pages 25-28. USA.

3. Muzathik A.M., Ferry M., Chan M.Y., Samo K.B. 2 and Noor C.W.M. 2 Comparison of aluminum alloys and steel materioals as deskhouses for offshore support vessels // International Conference on Marine Technology Kuala Terengganu, Malaysia, 20-22 October 2012.- ID: UMT/FMSM/MARTEC/MTP-106.

4. Kobets A.G. Melting effect on high current electron beam on aluminum alloy 1933 / A.G. Kobets, P.R. Horodek, Yu.F. Lonin, V.V. Lytvynenko, A.G. Ponomarev, O.A. Startsev, V.T. Uvarov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, V. 51.- N 5.-2015.- pp. 478-482.

5. T. Hausol, H.W. Hoppel, M. Goken. Microstructure and mechanical properties of accumulative roll bonded aluminum alloy AA5754 /// Journal of Physics: Conference Series. 2010. Vol. 240. P. 21-28.

ВІДНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ПОЛІМЕРНИМИ ПОКРИТТЯМИ З ПОЛІПШЕНИМИ МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Букетов А.В., Житник В.В., Селіфонова Л.В., Вибач Н.П., Безбах О.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Хайбин Ю.
Пекінський Євразійський міжнародний центр економічного і культурного обміну
(Китай)

Вступ. Загальновідомо, що полімерні композити широко використовують на транспорті для підвищення експлуатаційних характеристик технологічного устаткування. Такі матеріали відзначаються підвищеними показниками адгезійних, когезійних, антикорозійних властивостей і зносостійкості. Особливо ефективним є застосування покриттів на епоксидній основі, що диктується вимогами часу.

Постановка задачі. Виходячи з наведеного вище слід зазначити, що покращують властивості полімерних матеріалів, вводячи у зв'язувач модифікатори, пластифікатори, наповнювачі на нано-, мезо- і макрорівні. Це дозволяє підвищити ступінь гелеоутворення полімерної матриці за рахунок утворення навколо дисперсних часток зовнішніх поверхневих шарів. Останні забезпечують підвищення когезійної міцності створених систем, що передбачає підвищення механічних характеристик розроблених покриттів.

Мета роботи – розробити полімерне покриття з поліпшеними механічними властивостями для ремонту засобів транспорту.

Результати дослідження. У роботі розроблено полімерне композитне покриття, основне призначення якого – поліпшення фізико-механічних властивостей устаткування морського та річкового транспорту. Покриття формується на основі епоксидної матриці, затвердженої твердником холодного тверднення - поліетиленполіаміном. Перспективою використання даного матеріалу у річковому і морському транспорті є те, що розроблений матеріал чи покриття на його основі характеризується поліпшеними адгезійними і механічними властивостями завдяки наявності епоксидного олігомеру ЕД-20, а також відзначається можливістю тверднення за кімнатної температури, що ефективно з практичної та економічної точки зору.

Крім того, слід зазначити, що розроблений матеріал містить синтезований нами мікродисперсний наповнювач у вигляді суміші дисперсних сполук: Ti (70%) + Al_3Ti (15%) + Ti_3AlC_2 (15%). Розмір часток становить 10…12 мкм. Такий наповнювач відзначається активністю до полімерного зв'язувача, що передбачає взаємодію активних центрів на поверхні часток з гідроксильними та епоксидними групами епоксидної смоли у процесі полімеризації. Це забезпечує інтенсифікацію взаємодії і приводить до суттєвого підвищення механічних характеристик розробленого композиту, порівняно з вихідною епоксидною матрицею.

Склад розробленого композиту і покриття на його основі: епоксидний діановий олігомер ЕД-20 – 100 мас.ч., твердник - поліетиленполіамін – 10 мас.ч., мікродисперсний наповнювач – 0,2…0,5 мас.ч. Властивості розробленого матеріалу: руйнівні напруження при згинанні – 73,2…80,8МПа, модуль пружності при згинанні – 2,5…2,7ГПа, ударна в'язкість – 12,3…13,7 кДж/м^2.

Висновки. На основі проведених досліджень розроблено матеріал та режими формування полімерного покриття для засобів морського та річкового транспорту. Покриття містить епоксидно-діановий олігомер ЕД-20, твердник - поліетиленполіамін і синтезований мікродисперсний наповнювач у вигляді суміші дисперсних сполук: Ti (70%) + Al_3Ti (15%) + Ti_3AlC_2 (15%). Формування такого матеріалу забезпечує підвищення, порівняно з епоксидною матрицею, показників механічних властивостей у 2,0…2,8 разів.

АНАЛІЗ РОБОТИ КЛАПАНА FIVA MAN ME В СЕРЕДОВИЩІ AVL BOOST

Варбанець Р.А., Кирнац В.І., Холденко В.І., Брусник Р.О.
Одеський національний морський університет
(Україна)

Анотація. Під час ходових випробувань на судні були отримані експериментальні данні, завдяки яким побудована достовірна математична модель суднового двигуна. Виконано розрахунок параметрів робочого процесу з побудовою індикаторних діаграм. Проаналізовано роботу клапана FIVA в середовищі AVL Boost.

Ключові слова: дані ходових випробувань, математична модель двигуна, розрахунок параметрів робочого процесу, малообертові дизелі.

Двигун MAN 6S90ME-C обладнаний модульним компонентом, який не тільки керує вихлопним клапаном, але також забезпечує подачу палива під високим тиском для двигуна з електронним управлінням.

Бустерні паливні насоси виконують ту ж функцію, що й паливні насоси двигуна MC. Проте плунжер насосу на двигуні ME приводиться в дію гідравлічним поршнем, який приводиться в дію керуючим мастилом від клапана з електронним управлінням (FIVA). Привід випускного клапана на двигуні ME приводиться в дію гідравлічним поршнем, який приводиться в дію керуючим мастилом від клапана FIVA.

Клапан FIVA дозволяє подавати сервомастило під тиском під гідравлічний поршень. Потім поршень паливного насоса переміщується вгору, підвищуючи тиск палива перед форсункою. Цей гідравлічний привід виконує функцію розподільного валу і, таким чином, відповідає за процес впорскування, а також за управління випускним клапаном нового покоління двигунів ME.

За допомогою побудови математичної моделі двигуна стане можливе дослідження впливу фаз початку згоряння палива в циліндрі і фази закриття випускного клапана на робочий процес двигуна 6S90ME-C.

Для дослідження був обраний двигун MAN 6S90ME-C, який розвиває потужність 34860 кВт при максимальній частоті обертання 84 об/хв.

Розрахунок робочого процесу дизеля MAN 6S90ME-C був виконаний на базі платформи AVL BOOST.

<u>Конфігурація двигуна:</u>

S – Super long stroke – супердовгий хід поршня;

E – Electronically controlled – з електронним управлінням;

C – Compact engine – компактний двигун.

<u>Конструктивні значення двигуна:</u>

Діаметр циліндра – 900 мм;

Хід поршня – 3260 мм;

Довжина шатуна – 3630 мм.

<u>Характеристики двигуна:</u>

Максимальна частота обертання – 84 об/хв;

Середній індикаторний тиск – IMEP – 20 bar;

Питома індикаторна витрата палива – ISFOC – 166 г/кВт·год.

Значення ISFOC приведені в г/кВт·год з допуском 5 % і засновані на використанні палива з більш низькою теплотворною здатністю 42700 кДж/кг (~10 200 ккал/кг) в умовах ISO:

Тиск навколишнього повітря ..... 1 бар

Температура навколишнього повітря..... 25 °C

Для оптимізації роботи пропонуються налаштування моделі робочого процесу згідно 1-го закону термодинаміки:

$$dQx = dU + pdV + dQw,$$

де dQx – теплота, яка виділяється при згорянні палива;
pdV – робота, яка здійснюється циліндром;
dU – зміна внутрішньої енергії робочого тіла;
dQw – теплота, яка передається через стінки циліндра.

Для моделювання швидкості тепловиділення в циліндрі, використовується формула Вібе (рис. 1):

$$\frac{dx}{df} = 6{,}908\frac{m+1}{\varphi_z}\left(\frac{\varphi - \varphi_{Pc'}}{\varphi_z}\right)^m exp\left[-6{,}908\left(\frac{\varphi - \varphi_{Pc'}}{\varphi_z}\right)^{m+1}\right]$$

де m, φ_z – показник характеру згоряння і умовна тривалість процесу тепловиділення.

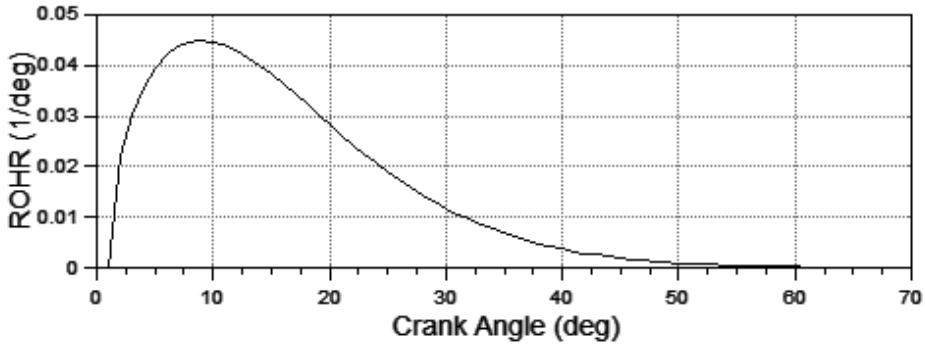


Рисунок 1 – Характеристика тепловиділення (VIBE)

Розрахунок тепловиділення з використанням формули Вібе забезпечує достовірність тільки при точній оцінці m и φ_z.

Діаграма робочого процесу (рис. 2) MAN 6S90ME-C була побудована на номінальному режимі роботи з урахуванням фаз газорозподілення (рис. 3), а саме фаз відкриття і закриття впускних вікон і фаз відкриття і закриття випускного клапана. Значення середнього індикаторного тиску (IMEP), потужності (N_i), питомої витрати палива (g_i), P_z (P_{max}), P_c (P_{comp}) розраховані з допустимою похибкою в 5 %.

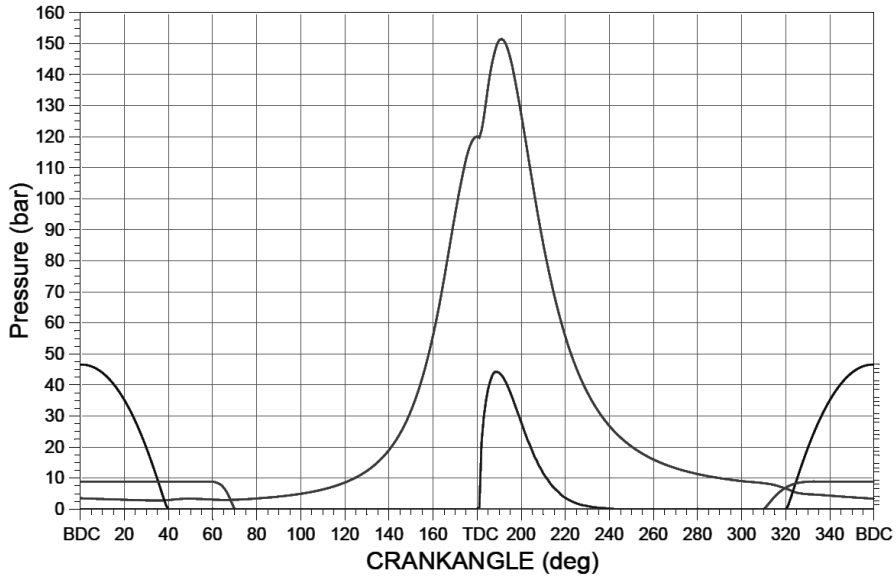


Рисунок 2 – Діаграма робочого процесу двигуна MAN 6S90ME-C

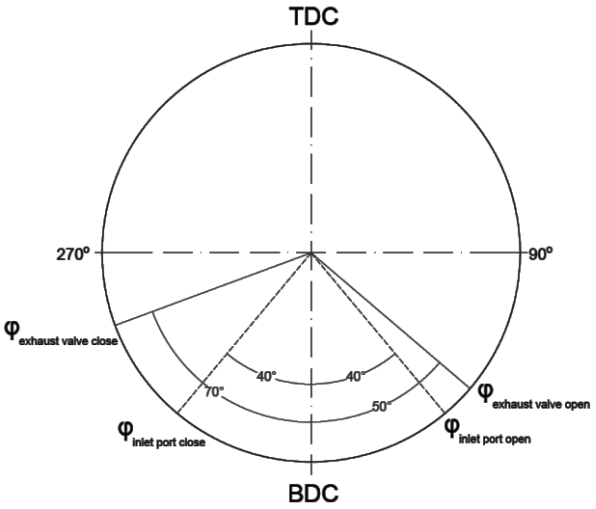


Рисунок 3 – Кругова діаграма фаз газообміну MAN 6S90ME-C

Фази відкриття і закриття органів газообміну:

- φexhaust valve open – відкриття випускного клапану – 50 оПКВ до НМТ;
- φinlet port open – відкриття впускних вікон – 40 оПКВ до НМТ;
- φinlet port close – закриття впускних вікон – 40 оПКВ после НМТ;
- φexhaust valve close – закриття випускного клапану – 70 оПКВ после НМТ.

Впорскування палива грає важливу роль у робочому процесі дизеля, бо від вчасної подачі палива в циліндр і якості його розпилу залежать потужність та економічність двигуна, а також його експлуатаційні показники.

Кут початку впорскування, його характеристика і тривалість, а також нестабільна робота форсунки мають найбільший вплив на робочий процес дизеля.

Зі збільшенням кута початку впорскування паливо в циліндр впорскується раніше, тому і запалюється раніше (рис. 4). В результаті більша кількість палива згорає у ВМТ, що призводить до збільшення показників механічної напруженості: максимального тиску згоряння, ступеня підвищення тиску і швидкості наростання тиску газів в циліндрі. Ці показники ще більше зростуть, коли зі збільшенням кута збільшиться і період затримки самозаймання (внаслідок впорскування палива в середовище з більш низьким тиском та температурою).

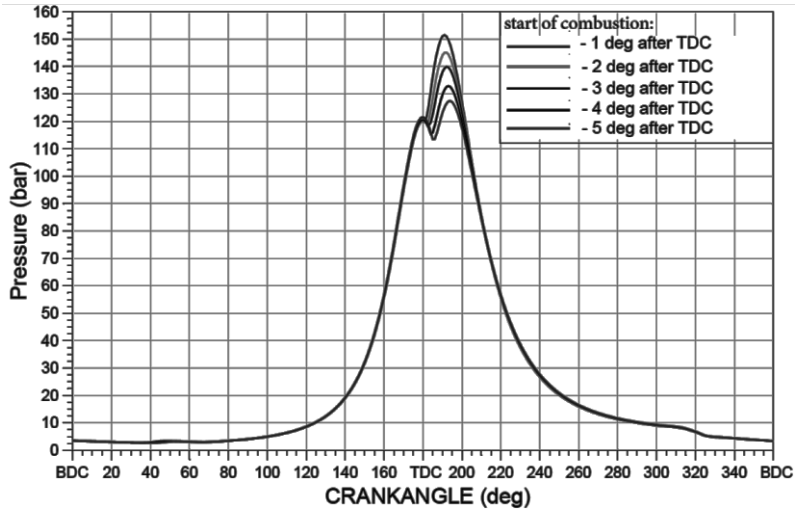


Рисунок 4 – Вплив зміни фази початку згоряння на робочий процес двигуна 6S90ME-C

Зі зменшенням кута (табл. 1), особливо до значень, які відповідають початку згоряння палива після ВМТ, відбувається зниження показників механічної напруженості,

але одночасно з цим зменшується економічність дизеля і збільшується степінь догорання палива, що підвищує температуру відпрацьованих газів та теплові напруги деталей циліндропоршневої групи і випускного клапану.

Таблиця 1 – Розрахункові данні моделювання робочого процесу двигуна 6S90ME-C зі зміненням фази початку згоряння

$\varphi_{start_of_combustion}$, °ПКВ за ВМТ	P_{max}, bar	IMEP, bar	g_i, г/кВт·год	N_i, кВт
1	151,49	19,82	167	34118
2	145,22	19,65	169	33826
3	139,97	19,47	170	33445
4	132,92	18,92	172	33074
5	127,47	18,09	173	32900

На робочий процес дизеля впливає також тривалість впорскування палива. Щоб підвищити економічність дизеля, тривалість впорскування палива повинна бути порівняно невеликою. Це дозволяє спалювати в районі ВМТ велику кількість палива (підводити теплоту до робочого тіла при більш високій температурі), а також зменшити догоряння.

Параметри в кінці стиснення. Тиск і температура заряду в кінці стиснення можуть буди визначені в результаті перетворення рівняння політропи стиснення. Для початкової і кінцевої точки стиснення рівняння політропи з постійним показником n_1 має вигляд

$$P_c V_c^{n_1} = P_a V_a^{n_1},$$

де P_a, P_c – тиск заряду на початку і в кінці стиснення, Па;
V_a, V_c – об'єм циліндра на початку і в кінці стиснення, м^3.

В результаті перетворення рівняння отримаємо формулу для визначення тиску заряду в кінці стиснення:

$$P_c = P_a \left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{n_1} = P_a \varepsilon^{n_1},$$

де ε – дійсний ступінь стиснення.

Пізніше закриття випускного клапану призводить до зменшення об'єму циліндра на початку стиснення і відповідно до зниження дійсного ступеня стиснення, що в свою чергу впливає не тільки на значення P_c (максимального тиску стиснення) і P_z (максимального тиску згоряння), але і на сам робочий цикл та його показники (рис. 5).

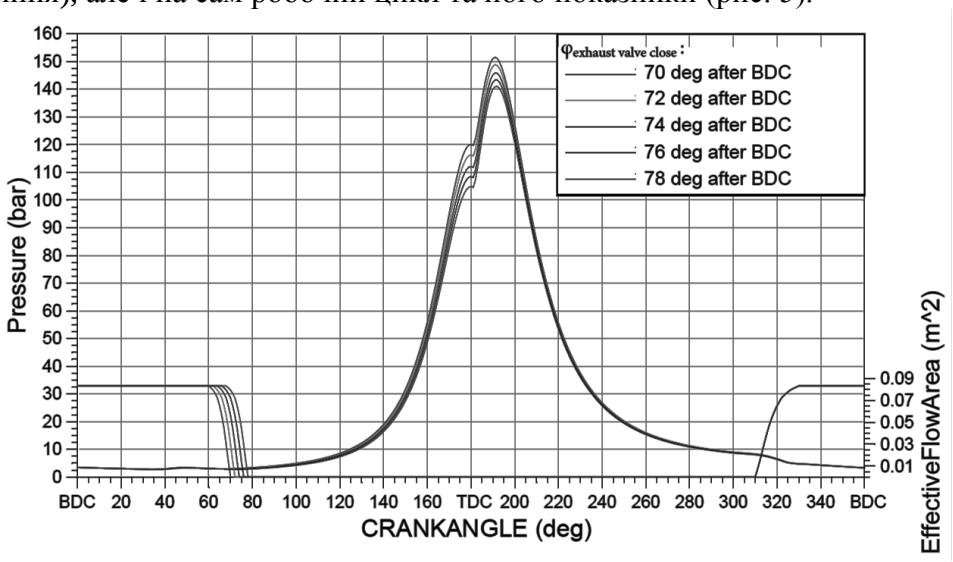


Рисунок 5 – Вплив зміни фази закриття випускного клапана на робочий процес двигуна 6S90ME-C

Дослідження впливу фази закриття випускного клапана на робочий процес виконували, змінюючи фазу закриття випускного клапана з кроком розрахунку в 2 °ПКВ. Циклова подача ($q_ц$), тиск надуву (P_s) і момент подачі палива ($\varphi_{впрыска}$) залишались незмінними.

По діаграмам робочого процесу (рис. 5) видно, що при зміні фази закриття випускного клапана з 70 до 78 °ПКВ після НМТ помітна зміна параметрів робочого циклу P_{comp}, P_{max}, також знижуються IMEP та N_i, а питома індикаторна витрата палива g_i збільшується з 172 до 176 г/кВт·год (табл. 2).

Таблиця 2 – Дослідження впливу фази закриття випускного клапана на основні показники робочого циклу

$\varphi_{exhaust\ valve\ close}$, °ПКВ за НМТ	P_{comp}, bar	P_{max}, bar	IMEP, bar	g_i, г/кВт·год	N_i, кВт
70	120,06	151,48	19,82	167,58	34118
72	116,25	148,84	19,57	167,84	34015
74	112,08	145,90	19,48	167,96	33962
76	108,44	143,34	19,33	168,08	33804
78	104,85	140,93	18,92	168,21	33635

ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІТИЧНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Варбанець Р.А., Кучеренко Ю.М., Кирнац В.І., Крайчева С.І., Абросімов В.Г.
Одеський національний морський університет
(Україна)
Заложж В.І.
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»
(Україна, м. Ізмаїл)

Вступ. Діагностика суднових двигунів і вибір оптимальних режимів експлуатації базуються на аналізі індикаторних діаграм тиску в робочому циліндрі залежно від кута повороту колінчастого валу (ПКВ) [1–3]. Паралельно з індикаторними діаграмами, отриманими під час експлуатації, можуть розглядатися діаграми паливоподачі і газорозподілу, які підвищують достовірність діагностики [4–6]. В результаті аналізу індикаторних діаграм розраховується середній індикаторний тиск (*MIP*) і індикаторна потужність (*Ni*), яка надалі використовується в управлінні режимами експлуатації двигунів, в розрахунках питомих показників, а також в розрахунках коефіцієнтів енергоефективності морських суден по рекомендаціях *IMO* [7]. Найбільший вплив на точність розрахунку індикаторної потужності надає похибка у визначенні положення верхньої мертвої точки (ВМТ) [4].

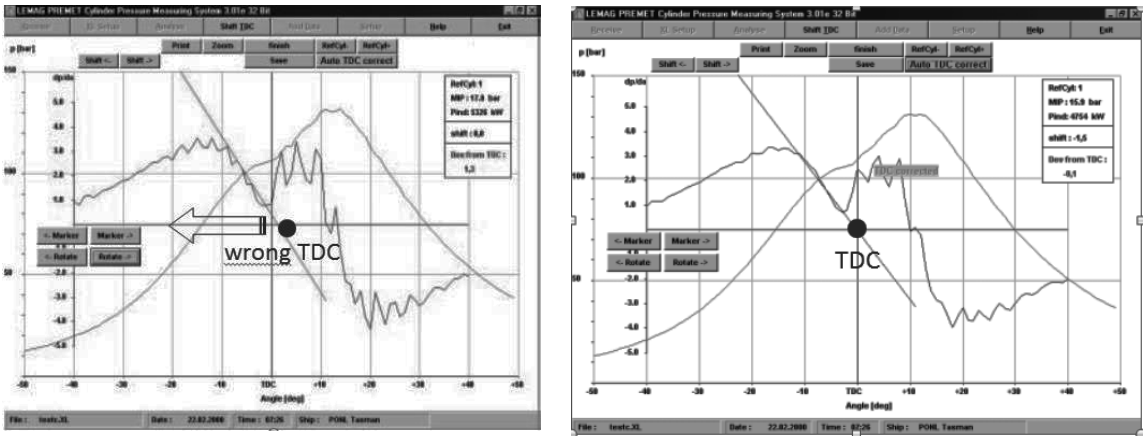
Індикаторні діаграми записуються на працюючому під навантаженням двигуні за допомогою спеціальних датчиків тиску, які забезпечують стабільність характеристик при високій температурі вимірюваного середовища (датчики *IMES* [8], *Kistler* [9] та інші). Значення тиску записуються в пам'ять комп'ютера у вигляді тимчасових рядів *P(t)* з постійним кроком. У більшості випадків крок дискретизації вибирається таким, щоб отримати не менше двох точок на один градус повороту колінчастого валу.

Постановка завдання. Запит або проблема, поставлена практикою експлуатаційної діагностики, в основі якої лежить індиціювання транспортних двигунів, полягає в необхідності рішення задачі синхронізації даних, яка повинна бути вирішена перед визначенням потужності і основних параметрів робочого процесу. Рішення цієї проблеми полягає в розробці алгоритмів визначення положення ВМТ за допомогою аналізу часових діаграм тиску газів у циліндрі *P(t)*, які вимірюються з високою точністю в процесі експлуатації транспортного двигуна.

Аналіз існуючих досліджень і публікацій. Можливо, одним з перших аналітичних методів визначення ВМТ (скоріше корекції ВМТ), які застосовуються на практиці, був метод, реалізований в системах діагностики морських дизелів The Electronic Indicator Lemag «Premet XL, C» [18] (рис. 1).

У системі передбачена напівавтоматична (за участю оператора) побудова дотичної до кривої швидкості зміни тиску в циліндрі на ділянці до ВМТ (рис. 1, а). Координата перетину цієї дотичної нуля (за шкалою $dP/d\varphi$) припускається уточненим значенням ВМТ. Пропонується змістити всю індикаторну діаграму (скорегувати положення ВМТ) так, щоб ця дотична перетнула «0» в позиції ВМТ (рис. 1, б). Далі в інструкції до системи сказано, що такий метод базується «... на фундаментальних термодинамічних законах робочого процесу в циліндрі *ICE*». Мається на увазі той факт, що при відсутності подачі палива (процес стиснення-розширення в циліндрі без згоряння) швидкість зміни тиску в ВМТ повинна дорівнювати нулю. Цей вираз не зовсім коректний, тому що існує термодинамічний зсув діаграми тиску за рахунок передачі теплоти в стінки циліндра [3, 11]. За рахунок термодинамічного зсуву вся діаграма тиску трохи зміщується вліво, максимум

стиснення знаходиться до ВМТ і, відповідно, крива $dP/d\varphi$ теж перетинає «0» трохи лівіше реального значення ВМТ. Цей факт можна врахувати за рахунок постійної корекції ВМТ, тому що термодинамічний зсув вельми малий і для більшості морських двигунів його величина не перевищує 1 °ПКВ [11]. Необхідно зазначити, що в перших системах *LEMAG «PREMET XL, C»* про це нічого не сказано, однак програмне забезпечення систем передбачає корекцію ВМТ на деяку постійну величину.



а) б)

Рисунок 1 – Коригування ВМТ в системах *LEMAG «PREMET XL, C»* [18]

Неврахування термодинамічного зсуву реальних індикаторних діаграм тиску в робочому циліндрі більшістю сучасних систем моніторингу морських дизелів можна пояснити наступними суб'єктивними причинами:

– термодинамічний зсув малий (менше 1 °ПКВ), і його розрахунок може бути проведений тільки при емпіричному завданні коефіцієнтів теплообміну. Розрахунок цих коефіцієнтів за різними методиками дає результати, що відрізняються майже на 100 % [11–13, 15–17];

– неврахування термодинамічного зсуву діаграми вліво до ВМТ дає ефект штучного збільшення середнього індикаторного тиску і індикаторної потужності, що безумовно подобається експлуатуючим двигун механікам, які розраховують питомі показники двигунів для регулярних звітів.

Проте майже всі сучасні системи моніторингу мають можливість вводити постійні коефіцієнти для корекції ВМТ, що дає можливість враховувати як термодинамічний зсув, так і систематичні похибки розрахунку.

Один з найбільш цікавих методів корекції ВМТ наведено в роботах M. Tazerout зі співавторами [12, 20]. Е цих роботах показано, що *T-S* діаграма, побудована за виміряними даними тиску, має близький до симетричного вигляд без перетинів, в разі коректного визначення ВМТ, і перетин з характерною петлею, в разі помилки у визначенні ВМТ (рис. 2).

Зазначений метод можна реалізувати на практиці, якщо запропонувати строгий критерій наявності петлі на *T-S* діаграмі. Однак наявність шумів в даних і нестабільний вигляд самої *T-S* діаграми напевно зменшать точність такого критерію.

У роботі [21] наведений спосіб виведення об'єму в циліндрі в точці «*m*» – максимальної швидкості підвищення тиску при стисненні, див. рис. 1.5. У статті показано, що об'єм V_m не залежить від тиску P_m і похідної від тиску P'_m, а залежить тільки від геометричних даних циліндра.

$$V_m = V_c + \frac{\pi D^2 S}{8}(1 + 1/\lambda - \cos\varphi_m - \Phi_m^{0.5}), \quad (1)$$

де $\Phi_m = 1/\lambda^2 - \sin^2\varphi_m$, V_c – об'єм камери стиснення; $\lambda_R = S/2L_R$ – відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна; *D, S* – діаметр циліндра і хід поршня, L_R – довжина шатуна.

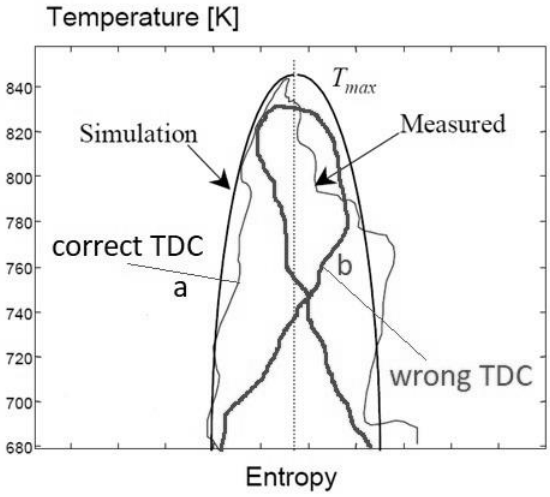


Рисунок 2 – T-S діаграма в випадках коректного (a) і помилкового (b) визначення ВМТ [12, 20]

З висновку цієї статті випливає, що об'єм в точці «*m*» і, відповідно, кут повороту колінчастого валу від «*m*» до ВМТ можна розрахувати заздалегідь, перед індиціюванням двигуна, знаючи діаметр циліндра *D*, хід поршня *S*, довжину шатуна L_R і обсяг камери стиснення V_C. Координату «*m*» можна визначити за допомогою чисельного диференціювання діаграми *P(t)*. Таким чином, зміщення ВМТ в градусах °ПКВ щодо точки P'_m може бути визначено перед діагностуванням двигуна. Така чудова властивість точки P'_m могла б швидко вирішити всі проблеми аналітичного визначення ВМТ і задачу аналітичної синхронізації даних при індиціюванні двигунів. Однак, треба визнати, що наявність шуму в дискретних даних тиску *P(t)*, навіть при їх коректному виключенні [3], може значно знизити точність цього витонченого методу. Проте, даний метод може бути ефективно використаний для попередньої оцінки ВМТ.

У роботі [4] наведено аналіз методу визначення ВМТ за допомогою функції *Agnesi*, записаної для ділянки стиснення до *P'c*,

$$P(\varphi) = P_C / [1 + \theta(\varphi - \varphi_{TDC})^2], \quad (2)$$

де *Pc* і θ – параметри, що визначаються за допомогою методу найменших квадратів (МНК) на ділянці стиснення шляхом мінімізації функціоналу. Основна властивість моделі *Agnesi* полягає в тому, що розрахункове значення координати ВМТ має малу абсолютну похибку (менше 1 °ПКВ) при заданих початкових наближень *Pc* і θ з похибкою до 8% [4]

$$\overline{F} = \sum_{j=1}^{l}\left[\frac{P_j}{P(\varphi_j)} - 1\right]^2 \to \min . \quad (3)$$

У роботах [13-17] аналізі *T-S* та *P-V* діаграм, а також на аналізі термодинамічної моделі робочого процесу двигуна на базі першого закону термодинаміки. Усі методи цієї групи можна з деякими припущеннями використовувати на практиці, але необхідною умовою є проведення процедури коректного виключення шумів, що існують у вихідних даних *P(t)*. У результаті не буде спостерігатися зсув фази та спотворення амплітуди вихідного сигналу.

Слід зазначити, що даний метод термодинамічного моделювання циклу вимагатиме більшого часу для виконання розрахунків, а також використання емпіричних коефіцієнтів. Для практики він виявляється занадто складним для здійснення в режимі реального часу. До того ж використовувані емпіричні коефіцієнти знижують точність розрахунку.

Виклад основного матеріалу. Задача синхронізації даних тиску газів у робочому циліндрі *P(t)* фактично є перекладом даних $f(t) \xrightarrow{TDC} f(\varphi)$, з функцій часу *t* до функції залежності від кута повороту колінчастого валу φ, де вплив точності визначення верхньої мертвої точки поршня є найбільшим.

Існують два методи рішення такої задачі: по-перше, апаратний – з використанням датчиків, встановлених на маховику двигуна (AVL OT-sensor 428 [10], Kistler TDC sensor Type 2629B [9], тощо), і, по-друге, аналітичний – шляхом аналізу окремих ділянок діаграми тиску газів у робочому циліндрі P(t) і похідних від неї діаграм.

Виконання розрахунку ефективної потужності на суднових морських дизелях є необхідним як для оцінки питомої витрати палива та діагностики технічного стану, так і для актуального у сучасних умовах розрахунку коефіцієнта (індексу) енергоефективності суден, який регламентується Міжнародною морською організацією IMO. Резолюція Міжнародної морської організації IMO MEPC.282 (70) є настановою з розробки суднового плану управління енергоефективністю, в якій запропоновані певні підходи до управління екологічними та економічними показниками, а також можливі шляхи покращення загальних експлуатаційних показників роботи судна. Основні фактори, які впливають на енергоефективність, викладені у тексті цієї Резолюції, та застосовуються також й для суден внутрішнього плавання, але в різній мірі «вагомості».

Апаратний метод визначення ВМТ є відомим, він традиційно застосовувався для транспортних двигунів з моменту використання ще самих перших систем моніторингу робочого процесу. Датчик ВМТ (або TDC pickup sensor) встановлюється на маховик двигуна таким чином, щоб визначати положення ВМТ першого циліндра. ВМТ інших циліндрів мають визначатися по кутах заклинювання колінчастого вала. Висока точність визначення ВМТ забезпечується поділом навпіл ділянки [m, m_1] на маховику двигуна. Кути від ВМТ до точок m та m_1 вибираються у діапазоні 6…10° ПКВ до та після ВМТ (рис. 3)

$$TDC = \frac{m + m_1}{2}. \tag{4}$$

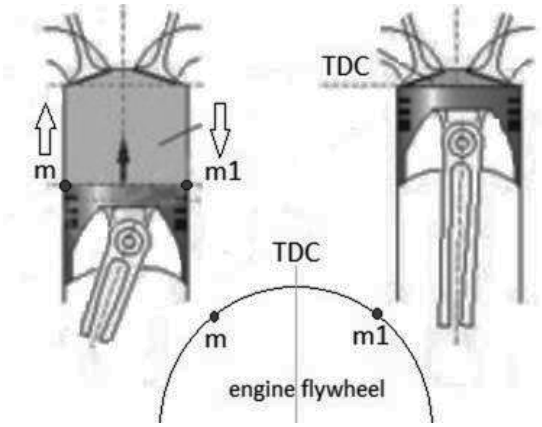


Рисунок 3 – Алгоритм установки верхньої мертвої точки з використанням двох точок: до ВМТ (m) та після ВМТ (m_1)

Шляхом встановлення датчиків на маховиках виконували визначення ВМТ та синхронізацію даних моніторингу наступні системи: *NK-5* (одна з перших, широко поширених у період 1990-х на морському флоті систем моніторингу дизелів) та подальші

NK-100, NK-200 норвезької фірми Autronica A/S; європейські системи Kyma, Premet, Malin, Doctor, Depas 2.34 [4] та багато інших систем, які були розроблені до початку 2000-х років.

Необхідно підкреслити, що робота систем моніторингу морських дизелів, які використовують апаратні датчики ВМТ, пов'язана з рядом проблем. В першу чергу, це необхідність тимчасового виведення двигуна з експлуатації. Як правило, усі роботи, пов'язані з необхідністю тимчасового виведення суднового двигуна з експлуатації, повинні узгоджуватися з морськими і береговими службами, і для цього має бути отриманий спеціальний дозвіл. Крім того, роботи по установці додаткових TDC «pick-up sensors» вимагають значних часових і матеріальних витрат, пов'язаних з необхідністю точного калібрування датчиків. Додаткові кабельні траси від TDC «pick-up sensors», тимчасово прокладені під час діагностики двигуна, знижують надійність усієї системи виміру і підвищують ризик виникнення апаратних помилок.

Установка датчика ВМТ відбувається на непрацюючому двигуні. Потім, коли двигун обертається під навантаженням, відбувається кілька подій, які зміщують положення ВМТ щодо його статичного положення:

- вибірка мікролюфтів у підшипниках кривошипно-шатунового механізму і поршня;
- крутильні коливання колінчастого валу;
- термодинамічне зміщення ВМТ [11];
- зміщення положення ВМТ при вимірюванні тиску через канал індикаторного крана, який встановлений на всіх мало- і середньообертових дизелях [3].

Усі переносні (мобільні) системи моніторингу реєструють тиск у робочому циліндрі за допомогою приєднаного датчика тиску до індикаторного крану зі стандартною різьбою W27×1/10, встановленого на всіх мало- і середньообертових суднових дизелях з часів отримання патенту Рудольфом Дизелем у 1892 році. При вимірюванні тиску канал вносить похибки за типом запізнювання сигналу, дроселювання й хвильові похибки, причому перша може бути достатньо велика – до декількох градусів ПКВ, та ще й збільшується при підвищенні частоти обертання двигуна. Таким чином, у результаті, тільки останній фактор є причиною того, що положення ВМТ може зміститися майже на кілька градусів від свого статичного положення [3, 4].

Стає очевидним, апаратні датчики ВМТ є не тільки незручними при роботі з переносними системами, але ще й вносять ряд суттєвих похибок до розрахунку середнього індикаторного тиску та індикаторної потужності [12, 13].

На зміну коштовним стаціонарним системам моніторингу морських двигунів прийшли мобільні портативні системи періодичного моніторингу, що дало початок розвитку аналітичних методів синхронізації та розрахунку ВМТ.

Похибка апаратних датчиків не тільки велика, та ще й непостійна у залежності від навантаження. Тобто стало очевидним, що положення ВМТ можна розрахувати в межах цієї похибки, і навіть точніше, аналізуючи окремі ділянки записаних діаграм $P(t)$ і похідних діаграм. З іншого боку, вплив похибки визначення ВМТ на ступінь точності розрахунку середнього індикаторного тиску є достатньо великим: 6…9 % на 1° помилки ВМТ (M. Tazerout [12], S. Polanowski [14], Per Tunestal [15], Y. Nilsson and L. Eriksson [16], E. Pipitone [17]).

Аналіз впливу похибки визначення ВМТ на розрахунок основних параметрів робочого процесу викладено в роботі [4], а саме: середнього індикаторного тиску, індикаторної потужності, швидкості та ступеню підвищення тиску під час згоряння, розрахункових значень тиску початку згоряння палива та тиску на лінії розширення (рис. 4).

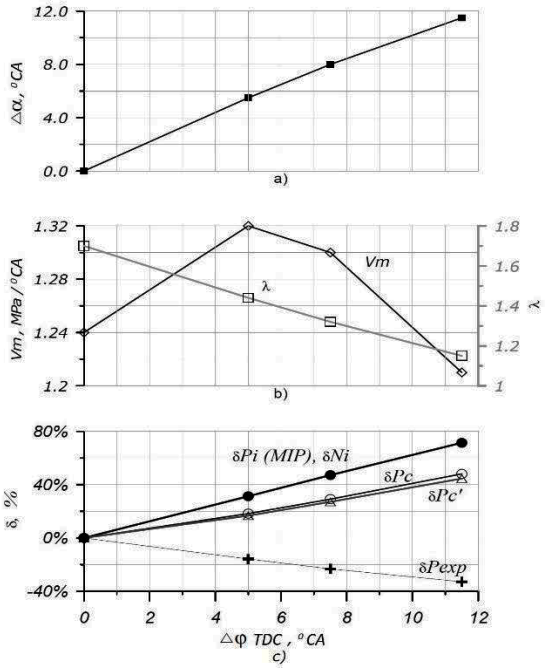


Рисунок 4 – Похибка визначення ВМТ та її вплив на розрахункові параметри робочого процесу двигуна 8ЧН 32/64

Внаслідок помилки визначення ВМТ відбувається істотне спотворення результатів розрахунку параметрів робочого процесу. Розрахункове значення кута випередження вприску палива α збільшується лінійно, відповідно до помилки синхронізації (рис. 4, а). Розрахункове значення ступеня підвищення тиску λ лінійно зменшується, при цьому значення швидкості підвищення тиску V_m з початку збільшується, а потім зменшується (рис. 4, b). Розрахункові значення середнього індикаторного тиску та індикаторної потужності циліндра практично лінійно підвищуються на 7,2 %/°CA (рис. 4, c). Розрахункове значення тиску на момент закінчення процесу стиснення збільшується на 5,5 %/°CA, у той час як контрольна точка тиску на лінії розширення (36 ºПКВ за ВМТ) зменшується на 4,6 %/°CA за лінійною залежністю (рис. 4 c).

Аналітична синхронізація даних моніторингу. Отже, не викликає сумнівів той факт, що апаратні датчики ВМТ є незручними при роботі з переносними системами, та, крім того, ще й вносять ряд суттєвих похибок до розрахунку таких характеристик, як середній індикаторний тиск та індикаторна потужність.

Використання апаратних датчиків для визначення ВМТ виявляється неприйнятним для сучасних переносних систем моніторингу робочого процесу за причинами складності, а часом й неможливості їх установки додатково до штатних датчиків, а також ускладненням процедури вимірювань та високою похибкою, яка залежить від режиму навантаження двигуна.

Похибка апаратних датчиків є завеликою та непостійною (залежить від навантаження), отже стає зрозумілим факт: положення ВМТ можна розрахувати в межах цієї похибки та навіть точніше, виконуючи аналіз кривих тиску від часу $P(t)$. Вплив похибки визначення ВМТ на точність розрахунку величини середнього індикаторного тиску складає 6…9 % на 1° помилки ВМТ. Тобто, щоб отримати прийнятний розрахунок величин середнього індикаторного тиску та індикаторної потужності (з максимальною відносною похибкою не більше 2,5 %), максимальна абсолютна похибка визначення ВМТ має бути не більш 0,1…0,3 °ПКВ.

Саме аналітичний метод вирішення цієї задачі надає необхідні інструменти та забезпечує потрібну точність. Рішенням є розробка методу синхронізації, де вихідні дані

являють собою часові серії, записані в пам'ять комп'ютера через рівні інтервали часу. Розв'язання рівняння $dP/d\varphi = 0$ з подальшим врахуванням термодинамічного зсуву ВМТ забезпечує потрібну точність розрахунку положення ВМТ у діапазоні 0,1…0,3 °ПКВ. Моделювання кривої $dp/d\varphi = 0$ проводиться на ділянці від точки закриття впускних клапанів до початку займання в циліндрі. Відповідні межі ділянок можуть бути визначені шляхом аналізу екстремумів кривих $\frac{dP}{dt}, \frac{d^2P}{dt}$, що стає можливим після фільтрації вихідної кривої тиску. У дослідженні застосовується цифровий фільтр *Butterworth LowPass filter*, особливістю якого є гладка характеристика на всьому частотному діапазоні, при цьому фаза вихідного сигналу не зміщується. Таким чином необхідна точність остаточного розрахунку величини середнього індикаторного тиску, подальшого розрахунку величин індикаторної й ефективної потужності двигуна з максимальною відносною похибкою не більше 2,5 % вважається забезпеченою.

У результаті рішення задачі синхронізації отримана величина потужності, яка використовується як для оцінки питомої витрати палива та діагностики технічного стану, так і для актуального у сучасних умовах розрахунку коефіцієнта енергоефективності суден, який визначається за методикою Міжнародної морської організації (IMO), та розробки суднового плану управління енергоефективністю (SEEMP – Ship Energy Efficiency Management Plan), в якому впроваджуються ефективні підходи до управління екологічністю і економічністю роботи кожного конкретного судна у морському міжнародному судноплавстві, а також можливі шляхи поліпшення загальних експлуатаційних показників судна.

У загальному вигляді формула операційного індексу енергоефективності EEOI по IMO:

$$EEOI = \frac{N_e \cdot SFC \cdot C_F}{Dw \cdot \upsilon}, \tag{5}$$

де N_e – ефективна потужність головного двигуна (ГД), кВт; *SFC* – питома витрата палива, г/(кВт·г); C_F – коефіцієнт викидів CO_2 (безрозмірний конверсійний фактор між споживанням палива і викидом CO_2), $C_F = T_{CO_2} / T_{топлива}$ *Dw* – дедвейт, т; υ – швидкість судна, км/год. Чисельник в цій формулі являє собою викиди CO_2, г, а знаменник – транспортну роботу, т·км.

Активність Міжнародної морської організації (IMO) у сфері менеджменту енергоефективності призвела до визнання реальних обсягів зниження викидів CO2. В результаті впровадження заходів з метою поліпшення показників енергоефективності на морському транспорті, а також одночасне поглиблення вивчення основних факторів впливу на показники енергоефективності морських суден, їх систематизація, викладена у низці Резолюцій профільного Комітету IMO, створюють основу для формулювання та рішення аналогічної задачі застосування показників енергоефективності також і для суден у внутрішньому плаванні.

Дана задача поступово знаходить свою форму в проектах Європейського Союзу, спрямованих на розвиток судноплавства на конвенціональних (Рейн, Дунай, Сава, Мозель) внутрішніх водних шляхах Європи. Перш за все, це проекти екологічного спрямування. Значення таких кроків без всяких сумнівів вважається позитивним, враховуючи, що по внутрішніх водних шляхах країн Європейського Союзу щорічно перевозиться понад 550 млн. тон вантажів.

Висновки. 1. Визначення положення ВМТ з використанням датчиків стаціонарних систем моніторингу потребує додаткової корекції через зсув ВМТ під час роботи двигунів під навантаженням. У цьому випадку необхідним є врахування вибірки мікролюфтів у

підшипниках кривошипно-шатунного механізму і термодинамічного зсуву максимуму тиску стиснення в циліндрі [11–13]. Для стаціонарних систем запропонований аналітичний метод може уточнити визначене за допомогою датчиків положення ВМТ [1, 2, 8–10].

2. У переносних діагностичних системах визначення положення ВМТ слід відразу здійснювати аналітичним методом. Незручності виникають під час установки додаткових «pick-up sensors» та кабелів до них. Перед встановленням датчиків виводять двигун з експлуатації, а встановлені датчики калібрують, що потребує значних затрат часу [6, 9, 10, 18]. У переносних системах, які вимірюють тиск у робочому циліндрі, через канал індикаторного крану виникають похибки типу дроселювання і запізнення сигналу, що призводить до додаткового зсуву положення ВМТ [1, 3].

У сучасних умовах застосовують різні варіанти алгоритмічного визначення ВМТ [2–5, 8] замість «pick-up sensors». У той же час точність розрахунку положення ВМТ усіх розглянутих методів залежить від ефективності процедури виключення шумів під час обробки початкових даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Heywood. Internal combustion engine fundamentals / Heywood, B. John. – New York: McGraw-Hill, 1988. – 930 p.

2. Neumann S. High temperature pressure sensor based on thin film strain gauges on stainless steel for continuous cylinder pressure control / S. Neumann // CIMAC Congress. – Hamburg: Digest, 2001. – P. 1–12.

3. Neumann S. Marine diesels working cycle monitoring on the base of IMES GmbH pressure sensors data / S. Neumann, R. Varbanets, O. Kyrylash та ін. // Diagnostyka. – 2019. – №20 (2). – P. 19–26. DOI: https://doi.org/10.29354/diag/104516.

4. Варбанец Р.А. Диагностический контроль рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации : дис. докт. техн. наук : 05.05.03 / Варбанец Роман Анатольевич. – Одесса: Одес. национ. морск. акад., 2010. – 314 с.

5. Varbanets R. Analyse of marine diesel engine performance / R. Varbanets, A. Karianskiy // Journal of Polish CIMAC. Energetic Aspects. – Gdansk: Faculty of Ocean Engineering and Ship Tech: Gdansk University of Technology, 2012. – P. 269–275.

6. Varbanets R. Improvement of Diagnosing Methods of the Diesel Engine Functioning under Operating Conditions / R. Varbanets, S. Karianskyi, S. Rudenko, I. Gritsuk et al. // SAE Technical Paper. – 2017. – 12 p. DOI: https://doi.org/10.4271/2017-01-2218.

7. Resolution MEPC.282(70). 2016 Guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP). International Maritime Organization (IMO) [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.282(70).pdf (дата звернення: 28.02.2019).

8. IMES cylinder pressure sensors: веб-сайт. URL: https://www.imes.de (дата звернення: 16.12.2019).

9. Pressure and TDC sensors from Kistler: веб-сайт. URL: https://www.kistler.com (дата звернення: 04.11.2019).

10. AVL OT-sensor 428: веб-сайт. URL: https://www.avl.com (дата звернення: 07.09.2019).

11. Ding Y. Cylinder process simulation with heat release analysis in diesel engine / Y. Ding, D. Stapersma, H. Grimmelius // 2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. – Wuhan, 2009. – P. 1–4. DOI: 10.1109/APPEEC.2009.4918248.

12. Tazerout, M. TDC Determination in IC Engines Based on the Thermodynamic Analysis of the Temperature-Entropy Diagram / M. Tazerout, O. Le Corre, S. Rousseau // SAE Technical Paper 1999-01-1489. – 1999. – 11 p.

13. Staś M. An Universally Applicable Thermodynamic Method for T.D.C. Determination / M. Staś // SAE Technical Paper 2000-01-0561. – 2000. – 9 p. DOI: https://doi.org/10.4271/2000-01-0561.

14. Polanowski S. Determination of location of Top Dead Centre and compression ratio value on the basis of ship engine indicator diagram / S. Polanowski // Polish Maritime Research. – 2008. – Vol. 15. – № 2(56). – P. 59–64. DOI: https://doi.org/10.2478/v10012-007-0065-2.

15. Per Tunestal. Model Based TDC Offset Estimation from Motored Cylinder Pressure Data / Per Tunestal // Proceedings of the 2009 IFAC Workshop on Engine and Powertrain Control, Simulation and Modeling IFP, Rueil-Malmaison. – France, 2009. – P. 241–247. DOI: https://doi.org/10.3182/20091130-3-FR-4008.00032.

16. Nilsson Y. Determining TDC Position Using Symmetry and Other Methods / Y. Nilsson, L. Eriksson // SAE Technical Paper 2004-01-1458. – 2004. – 13 p. DOI: https://doi.org/10.4271/2004-01-1458.

17. Pipitone E. Determination of TDC in internal combustion engines by a newly developed thermodynamic approach / E. Pipitone, A. Beccari // Applied Thermal Engineering. Elsevier. – 2010. – № 30 (15). – P. 1914–1926. DOI: https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.04.012.

18. Lemag PreMet XL, C Cylinder Pressure Indicator: веб-сайт. URL: http://www.lemag.de/.

19. Powell M. An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives / M. J. D. Powell // The Computer Journal. – 1964. – Vol. 7. – Is. 2. – P. 155–162. DOI: https://doi.org/10.1093/comjnl/7.2.155.

20. Tazerout M. Compression Ratio and TDC calibrations using Temperature - Entropy Diagram / M. Tazerout, O. Le. Corre, P. Stouffs // SAE Technical Paper 1999-01-3509. – 1999. – 11 p. DOI: https://doi.org/10.4271/1999-01-3509.

21. Yeryganov O. Features of the fastest pressure growth point during compression stroke / O. Yeryganov, R. Varbanets // Diagnostyka. – 2018. – № 19 (2). – P. 71–76. DOI: https://doi.org/10.29354/diag/89729.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА СПУСКО-ПІДЙОМНОГО ПРИСТРОЮ ТРАМВАЯ-РЕЙКОТРАНСПОРТЕРА

Войтасик А.М.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

Спуско-підйомні пристрої здатні забезпечувати легкість та швидкість обробки вантажів, зменшуючи витрати часу на організацію робіт та економлячи сили працюючого персоналу при вирішенні повсякденних завантажувально-розвантажувальних задач. Наявність декількох механізмів переміщення як самого вантажу так і спуско-підйомного пристрою в цілому, надає можливість автоматизувати технологічний процес, тим самим зробивши його набагато безпечнішим для працівників. Найбільшої актуальності набувають задачі проектування та розробки електроприводів реальних діючих технічних засобів, які потребують обов'язкової модернізації або переобладнання з метою підтримки їх робочого технічного стану згідно з застосуванням нових технічних рішень.

У місті Миколаєві досить розвинена трамвайна інфраструктура. Проте, понад 80% трамвайних колій потребують капітального ремонту через граничний знос рейок, дефектності шпал і скріплень. Роботи по оновленню трамвайної інфраструктури проводяться, але, на жаль, недостатньо щодо необхідних обсягів.

Трамвай-рейкотранспортер призначений для перевезення та обробки вантажів у вигляді трамвайних рейок, які використовують для побудови та ремонту трамвайних колій [1-3]. Найбільш застосовувані трамвайні рейки стандартів Т58 та Т62. Їх стандартна довжина, зазвичай, становить 12,5 м. Проте, існують і менші частини розміром 4 м. Саме для будівництва та ремонту трамвайних колій найбільше застосування у місті Миколаєві знайшли трамвайні рейки Т62. Маса одного погонного метра такої рейки становить 62,1кг. Для їх транспортування до місця проведення робіт трамвай-рейкотранспортер має бути облаштований спуско-підйомним пристроєм, який гарантує безпечне виконання вантажопідіймальних операцій.

Оновлення технічного стану електропривода спуско-підйомного пристрою трамвая-рейкотранспортера проєкту ТК-28 забезпечить ефективність та легкість проведення вантажопідіймальних робіт з метою підтримання безпечного технічного стану трамвайних колій, які обслуговуються комунальним підприємством «Миколаївелектротранс».

Щорічно всі об'єкти міськелектротранспорту та рухомий склад проходять державний технічний огляд, який проводить Державне підприємство «Київська державна регіональна технічна інспекція міського електротранспорту». Під час проведення державного технічного огляду перевіряється технічний стан об'єктів і транспорту, що оформляється відповідними актами, в яких фіксуються виявлені недоліки.

Комунальне підприємство «Миколаївелектротранс» працює згідно закону про міськелектротранспорт, в якому чітко визначені об'єкти міськелектротранспорту: контактні мережі, трамвайні колії, підстанції і рухомий склад – трамваї та тролейбуси. Що стосується безпосередньо трамвайних колій, то підприємство керується Правилами експлуатації трамвая та тролейбуса (ПЕТТ). Одним із факторів виникнення ситуації сходження трамвая з рейок може бути їх поганий стан, як це за 2020 рік і відбувалося у Миколаєві чотири рази (рис. 1).

а) б) в) г)

Рисунок 1 − Сходження трамваїв з трамвайних рейок
а) – на вул. Потьомкінській; б) – на проспекті Богоявленському; в) – біля вул. Садової; г) – на вул. Авангардній

Трамвай-рейкотранспортер, який на разі застосовується для ремонту трамвайних колій у місті Миколаєві побудований за проєктом ТК-28 (рис. 2). Його технічний стан далекий від ідеального, проте має непогану перспективу при відповідному фінансуванні на модернізацію та оновлення застосовуваного обладнання.

Рисунок 2 − Зовнішній вигляд трамвая-рейкотранспортера проєкту ТК-28

Трамвай проєкту ТК-28 використовує стандартне живлення 550 В постійного струму. Проте для живлення виконавчого електрообладнання використовується трьохфазна напруга змінного струму номіналом 380 В. Для цього на трамваї-рейкотранспортері передбачений спеціальний генератор.

Обробка вантажів виконується з застосуванням спуско-підйомного пристрою (СПП) виготовленого у вигляді поворотної кран-балки з фіксованим вильотом стріли, який розміщується у вершій частині корпуса і зафіксований до стелі (рис. 3) [1].

Рисунок 3 − Зовнішній вигляд конструкції СПП трамвая-рейкотранспортера

Кабіна водія трамвая-рейкотранспортера окрім елементів керування та індикації рухом трамваю містить і систему керування СПП. Наразі, вона релейно-контакторна (2, рис. 4), що є типовим рішенням для вагонів типу №71605 та для керування механізмами підйому/спуску, переміщення вантажу та повороту стріли вимагає застосування кнопкового пульта керування (1, рис. 4) [2].

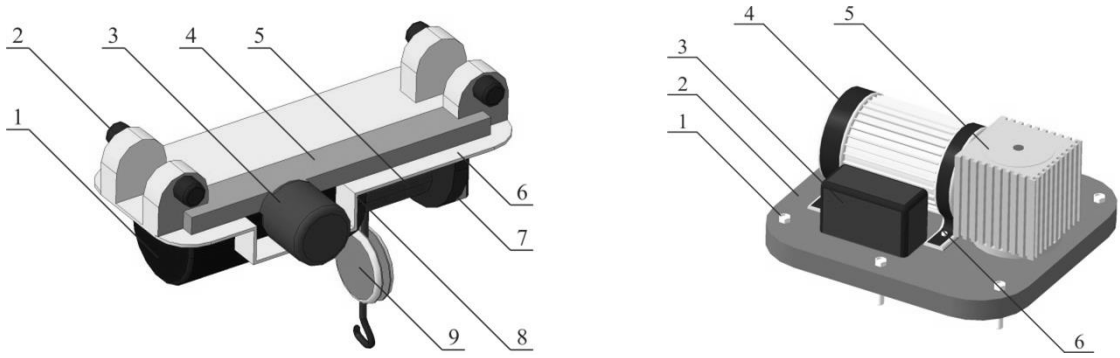
Рисунок 4 − Кабіна водія трамвая-рейкотранспортера проєкту ТК-28
1) – пульт керування СПП; 2) – релейно-контакторна система керування СПП

В якості механізму підйому/спуску застосовується електроталь [3]. Серед переваг від застосуванні електроталі для СПП трамвая-рейкотранспортера можна відзначити:

– висока швидкість підйому/спуску та пересування вантажів;
– економія сили оператора для обробки вантажів;
– універсальність механізму.

Актуальність розробки та впровадження СПП трамвая-рейкотранспортера підтверджується необхідністю заміни зношених частин електрообладнання та пошкоджених вузлів механізмів, які потребують капітального ремонту.

Розроблена 3D модель конструкції СПП трамвая-рейкотранспортера побудована в програмному середовищі Компас 3D. При цьому враховані масогабаритні характеристики вибраного виконавчого електрообладнання та складових елементів конструкції виробу (рис. 5).



а) б)

Рисунок 5 – 3D моделі конструкції механізмів СПП
а): 1 – АД механізму підйому/спуску; 2– приводні колеса; 3– АД механізму пересування; 4 – редуктор механізму пересування; 5 – барабан; 6 – металевий каркас;
7 – щит електричний; 8 – редуктор механізму підйому/спуску; 9 – гакова підвіска
б): 1 – болти кріплення поворотної платформи до корпуса трамвая-рейкотранспортера; 2 – поворотна платформа; 3 – блок керування; 4 – АД механізму повороту; 5 – редуктор; 6 – болти кріплення АД до поворотної платформи

Основні технічні характеристики розробленого електропривода СПП трамвая-рейкотранспортера представлені у вигляді таблиці 1. У якості матеріалів для виготовлення металоконструкції СПП застосовується метал відповідно до ГОСТ 380-71. У якості виконавчих електродвигунів виступають асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором. Роботою електропривода забезпечується пересування вантажу вздовж стріли та його підйом/спуск.

Керування роботою електропривода СПП реалізовано у частотно-струмовий спосіб [4, 5].

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики електропривода СПП трамвая-рейкотранспортера

Найменування параметра	Значення
Вантажопідйомність, т	1
Висота підняття вантажу, м	4
Виліт стріли, м	7
Швидкість підйому/спуску вантажу, м/с	0,1
Швидкість пересування електроталя, м/с	0,12
Швидкість повороту стріли, град/с	6
Тривалість включення, %	25
Напруга живлення електропривода, В	3х380
Найменування параметра	Значення
Частота мережі, Гц	50
Частотні регулятори	*2R2, 0R7, 1R5*
Принцип керування електроприводом	скалярний
Пульт керування	*PV7E30B222*
Виконавчі електродвигуни	*MTKF011-6* – 2 шт., *4АА50В4У3*
Застосовані редуктори	Ц2-250-1000, Ц2-250-1500, 1Ц2Н-400
Типи гальм	ПВ6 – 307, ТКТ-100 – 2 шт., ТКТ-200
Підйомний канат	6,2-Г-І-Н-1670
Робоча довжина канату, м	10
Крюкова підвіска	*UR Kran*
Габаритні розміри СПП, м	7х0,48х0,8
Маса СПП у спорядженому стані, т	1,72

Під час розробки електропривода трамвая-рейкотранспортера побудовано розрахункові схеми згідно до яких були проведенні розрахунки, що повністю підтверджують працездатність виробу. Наприклад, розрахункова схема механізму повороту стріли СПП трамвая-рейкотранспортера для визначення сил та моментів діючих на механізми представлена на рис. 6.

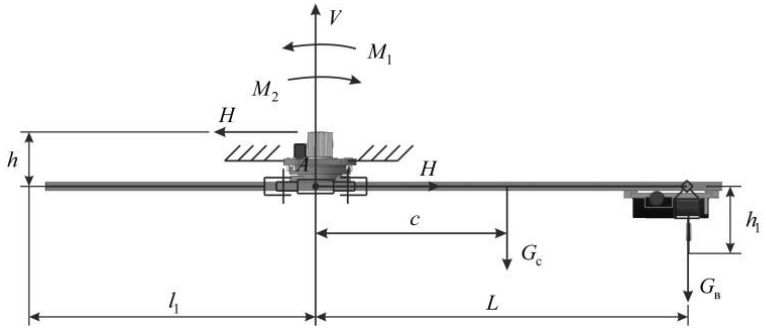
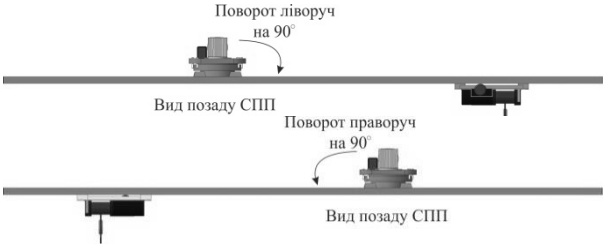


Рисунок 6 – Розрахункова схема механізму повороту стріли СПП трамвая-рейкотранспортера

Так як при обробці вантажів у вигляді трамвайних рейок немає необхідності у повному обертанні СПП відносно своєї осі кріплення, передбачається можливість завантажувати та вивантажувати їх на обидві боки трамвая-рейкотранспортера. Тому, поворот стріли достатньо виконувати в загальному випадку на 180° відносно корпуса трамвая-рейкотранспортера. А саме, ліворуч або праворуч на 90° відносно точки установки СПП до корпуса трамвая-рейкотранспортера (рис. 7).



а) б)

Рисунок 7 – Поворотний рух СПП відносно корпуса трамвая-рейкотранспортера а) – поворот стріли СПП на 90° ліворуч; б) – поворот стріли СПП на 90° праворуч

Через достатньо незначну масу трамвайних рейок в порівнянні з масою трамвая-рейкотранспортера, що обробляє СПП, немає необхідності у застосуванні противаги для електроталі під час роботи механізмів підйому/спуску, пересування вантажів.

Кожний з механізмів підйому/спуску, пересування вантажів та повороту СПП загалом облаштований АД та редуктором, який зменшує швидкість обертання електродвигуна відповідно до швидкостей руху які необхідно забезпечити.

Вантажний канат, який застосовується при обробці вантажів відповідає ГОСТ 3241-80. Електричне обладнання, що використовується в процесі керування механізмами підйому/спуску та пересування вантажів розміщується в електричному щиті (7, див. рис. 5, ліворуч), який закріплений на металевому каркасі електроталі. Їх монтаж та установка виконується згідно з вимогами ДСТУ EN 60204-1:2015.

Фіксація поворотної платформи до корпуса трамвая-рейкотранспортера виконується з застосуванням болтових з’єднань М16х120 мм (1, див. рис. 5, праворуч), які відповідають класу міцності 10,9 відповідно до стандарту ГОСТ 7805-70. Болти кріплення (6, див. рис. 5, праворуч) виконавчого АД відповідають тому ж класу міцності та стандарту, проте їх розмір становить М10х70 мм.

Отримані результати підтверджені математичними розрахунками, графічними та технічними характеристиками та є частиною загальної роботи у напрямку досягнення поставленої мети [6].

Висновки. 1. Відповідно до визначених параметрів виконавчого електрообладнання розроблено конструкцію спуско-підйомного механізму трамвая-рейкотранспортера. Представлені основні технічні характеристики виробу отримані при побудові 3D моделі його конструкції. Запропонований виріб надає можливість забезпечити ефективність та легкість проведення вантажопідіймальних робіт з застосуванням трамвая-рейкотранспортера проєкту ТК-28 з метою підтримання безпечного технічного стану трамвайних колій, які обслуговуються комунальним підприємством «Миколаївелектротранс».

2. З метою оновлення технічного стану електрообладнання запропоновано замінити діючу релейно-контакторну систему керування спуско-підйомними механізмами на систему керування на базі сучасного регулятора частоти. Це дозволить підвищити надійність електропривода спуско-підйомного пристрою трамвая-рейкотранспортера, зменшити його масогабаритні показники та підвищити термін експлуатації механізмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Твой транспорт. ТК-28 №1001 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://ttransport.ru/vehicle/11472.html (дата звернення: 22.10.2020).

2. Трамвай рельсотранспортёр ТК-28 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: http://vtl-trainz.at.ua/index/tramvaj_tk_28/0-8 (дата звернення: 22.10.2020).

3. Рельсотранспортёр ТК-28 на базе КТМ-5М3 (71-605) в деле [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://igrader.ru/spetstehnika/relsotransportyor-tk-28-na-baze-ktm-5m3-71-605/ (дата звернення: 22.10.2020).

4. Кузнецов П.А., Борщевський С.В., Кузнецов Д.І. Система частотно-струмового керування швидкістю асинхронного двигуна на основі перетворювача частоти з керованим випрямлячем та автономним інвертором струму. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: збірник наукових прац. 2014. №25. С. 101–108.

5. Кононов Б.Т., Нечаус А.А., Рябуха Н.Н. Система керування частотно-регульованим електроприводом на базі асинхронного електричного двигуна. Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. Механіка, машинознавство та електропостачання. 2014. № 3. С. 136–140.

6. Бондарєв В.С., Дубинець О.І., Колісник М.П., Бондарєв С.В., Горбатенко Ю.П., Барабанов В.Я. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин: підручник. Київ, 2009. 734 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ ЦИЛІНДРОВОГО МАСЛА ЗАВДЯКИ ВПРОВАДЖЕННЮ СИСТЕМИ ALPHA LUBRICATION

Врублевський Р.Є.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Використання системи адаптивного управління подачею масла у циліндри (Alpha Lubricator ACC) на базі мікропроцесорів дозволило вирішити давно назрілу проблему організації змащування циліндрів. У традиційній системі, де використовується механічний привід лубрикаторів, ряд фірм для зменшення подачі масла на змащення циліндрів під час зниження навантажувального режиму пов'язували механізм подачі з положенням рейки паливних насосів. Але, на жаль, не могли досягти синхронізації подачі з рухом поршня робочого циліндра, а це призводило до того, що частина масла, яка надходить із штуцерів, потрапляла в циліндр над поршнем, і під час його руху вгору поршневими кільцями переміщалася в напрямку камери згоряння, де вигорало. Частина масла виходила зі штуцерів циліндра під поршень і під час його руху вниз кільцями закидалася в продувні і вихлопні вікна. Ідеальною вважається подача в момент, коли масло виходить зі штуцера в проміжок між першим і другим поршневими кільцями. Тоді масло добре розноситься по поверхні циліндра, і раніше зазначені втрати унеможливлюються. У сучасній системі ця задача успішно вирішується, і економія витрат циліндрового масла у двигунах ME становить понад 0,3 г/кВт·год. Також можна потенційно заощадити, установивши систему Alpha Lubricator ACC на двигунах MAN B & W MC/MC-C.

Основна частина. Циліндрове масло подається у двигун під тиском 4…5 МПа за допомогою насосної станції, яка зазвичай установлюється на двигуні або іноді розміщується в машинному відділенні. Масло, що подається до форсунок, нагнітається одним або двома лубрикаторами Alpha, розташованими на кожному циліндрі й оснащеними невеликими багатопоршневими насосами.

MCU керує уприскуванням масла, активуючи соленоїдний клапан, розташований на відповідному лубрикаторі. Сигнал зворотного зв'язку від кожного лубрикатора вказує на те, що уприскування проведене. Це показано у вигляді світлодіодів (LEDs) на проміжних коробках для кожного циліндра.

Синхронізація заснована на двох сигналах від кутового датчика, маркера верхньої мертвої точки (ВМТ) циліндра та датчика положення колінчастого вала. Система альфа-лубрикатора зазвичай розрахована на уприскування циліндрового масла в пакет поршневих кілець під час такту стиснення.

Мастило циліндрів засноване на постійній кількості масла, що подається шляхом уприскування. Питоме дозування подачі регулюється зміною частоти уприскування. Ця частота розраховується з індексу і швидкості та зазвичай пропорційна середній ефективній потужності двигуна (MEP). Однак можливий режим максимальної потужності або режим RPM.

Базове дозування подачі масла в циліндр при максимальній тривалості роботи (MCR) розраховується як кореляція між кількістю вприскувань об/хв та ходом лубрикаторів. На панелі HMI регулювання подачі масла для окремих циліндрів можливе в діапазоні від 60% до 200%, хоча режим за замовчуванням – 100%. Структура системи Alpha ACC зображена на рис. 1.

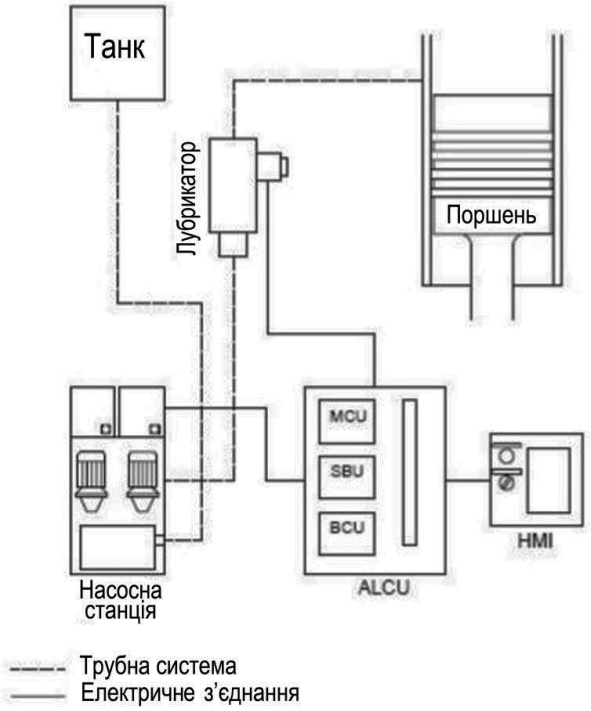


Рисунок 1 – Структура системи Alpha Lubricator ACC

Алгоритм системи Alpha Lubricator: переключає з управління, пропорційного навантаженню (механічна система), на управління, пропорційне частоті обертання, при навантаженні двигуна нижче 25%. Однак на двигунах MC/MC-C з механічним управлінням система Lubricator має обмеження максимально 15 обертів між упорскуваннями масла, щоб уникнути занадто довгих інтервалів між упорскуваннями масла. Це означає, що регулювання масла у залежності від частоти обертання починається вже при навантаженні 35…40%. Це може призвести до надмірного змащування при дуже низьких навантаженнях (10% навантаження), та накопиченню відкладень на поверхні поршня.

Щоб оцінити переваги системи Alpha ACC над системою з механічним приводом подавання циліндрового масла, були проведені спеціальні тести. Зокрема за двома показниками: кількість споживання масла за рейс та зношування втулок циліндрів. Вимірювання проводилися за механічною системою змащування та із встановленою системою Alpha ACC за одинакові періоди часу, коли двигун працював з однаковим навантаженням. Результати цих тестів можна побачити на графіках (рис. 2, 3).

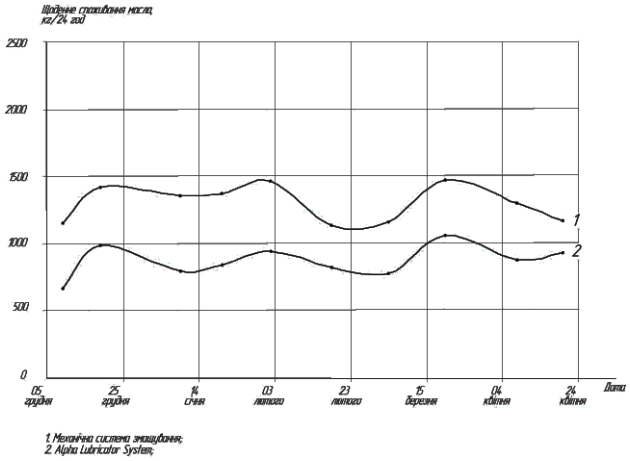


Рисунок 2 – Графік споживання масла

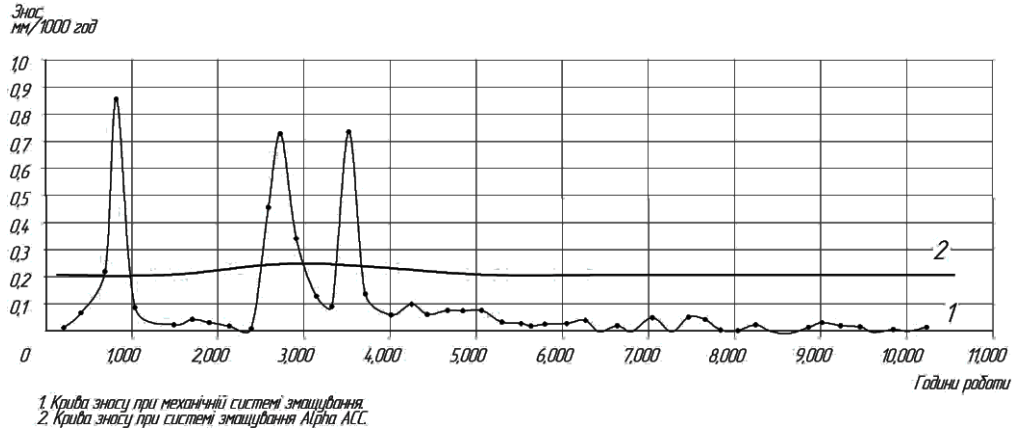


Рисунок 3 – Характеристика зношування втулки циліндра

Висновок. Проаналізувавши графіки, можна зробити висновок, що при встановленій системі Alpha ACC та економії циліндрового масла ми отримуємо нормальне зношування втулки циліндрів. Отже підсумовуємо, що система Alpha ACC економічно та екологічно більш вигідна, ніж система з механічним подаванням циліндрового масла.

ЛІТЕРАТУРА

1. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В. Возницкий, А.С. Пунда – М. : МОРКНИГА, 2010.– 260 с.

2. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В. Возницкий, – М. : МОРКНИГА, 2007.– 282 с.

3. Возницкий И.В. Судовые дизели и их эксплуатация / И.В.Возницкий, Е.Г.Михеев – М.:Транспорт, 1990. – 360 с.

4. Пахомова Н.В. Оценка ресурса сопряжения «цилиндровая втулка-поршневое кольцо» судовых малоразмерных дизелей. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, № 6 (2), 2013 – С. 448–452.

5. Alpha Adaptive Cylinder Oil Control (Alpha ACC) MAN Diesel A/S MAN Diesel | PrimeServ Teglholmsgade 41 2450 Copenhagen SV Denmark.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ГРУЗОВОГО СУДНА

Дели А.К., Головань А.И., Гончарук И.П.
Одесский национальный морской университет
(Україна)

Введение. В настоящее время считается общепринятым, что атмосферная оболочка нашей планеты ответственна за разогрев земной поверхности. В отсутствии парникового эффекта прогнозируемая средняя температура составила бы минус 18 °С вместо ныне отмечаемой плюс 15 °С. Бурное развитие промышленности привело к появлению так называемого антропогенного фактора, под влиянием которого в атмосферу выбрасываются огромные массы углекислого газа, дополнительно разогревающие Землю. На сегодняшний день, в мире существует несколько видов оборудования и методов определения количества выбросов.

Формулировка цели исследования. Цель работы — провести сравнительный анализ метода недисперсионного поглощения инфракрасного излучения и метода переменного перепада давления с усредняющей трубкой Пито при определении количества выбросов, а также определение применимости методов в задаче измерения выбросов двуокиси углерода на грузовых судах.

Изложение основного материала. Разберем принципы работы недисперсионного поглощения инфракрасного излучения и принцип работы трубки Пито, а также совмещение двух принципов для определения количества выбросов двуокиси углерода.

Недисперсионные инфракрасные (**NDIR**) датчики являют собой простые спектроскопические устройства, которые используются для анализа газов. Ключевыми компонентами являются инфракрасный источник (лампа), измерительная камера или световая трубка, фильтр длины волны и инфракрасный детектор. Газ накачивается или попадает естественным образом в измерительную камеру, затем концентрация газа измеряется электрооптическим путем, благодаря поглощению определенной длины волны в инфракрасном спектре (ИК) (рис. 1).

ИК-луч направляется через измерительную камеру к детектору. Перед детектором установлен оптический фильтр, который поглощает весь свет, кроме определённой длины волны, которая может быть поглощена молекулами измеряемого газа. Молекулы других газов не поглощают свет на выбранной длине волны, так что они не могут повлиять на количество света, попадающего на детектор. ИК-сигнал от источника обычно подаётся с особым прерыванием или модуляцией, для того чтобы фоновые температурные сигналы не создавали ненужных помех [1].

Рисунок 1 – Устройство NDIR сенсора

Интенсивность ИК-излучения, с которой луч достигает детектора, обратно пропорциональна концентрации целевого газа в измерительной камере. Когда концентрация в камере равна нулю, детектор будет получать максимальную интенсивность ИК-луча. По мере увеличения концентрации интенсивность ИК-излучения, поражающего детектор, уменьшается. Закон Бугера описывает точное соотношение интенсивности ИК-излучения и концентрации газа:

$$I = I_0 * e^{kcl}$$

где: I - интенсивность света, попадающего на детектор;
I_0 - интенсивность света, измеренная при пустой камере;
k - показатель поглощения измеряемого газа;
c - концентрация газа;
l - длина пути поглощения от источника света до детектора [2, 3].

Трубка Пито в процессе работы заполняется жидкостью или газом, и таким образом, играет роль своего рода предмета на пути движущегося потока. Входящий поток ударяется о стенки трубки Пито, создавая давление, которое измеряется устройством, расположенным на другом конце трубки. Конец трубки, который открыт для входящего потока, всегда направлен вверх по потоку относительно места монтажа трубки, а другой конец трубки подсоединяется к контрольно-измерительному устройству. Отбор низкого давления вмонтирован в трубопровод под прямым углом относительно направления движения потока, с его помощью измеряется давление, оказываемое потоком на стенки трубопровода. Определение скорости потока газа основано на зависимости динамического давления от скорости газового потока в трубе [4, 5].

Избыточное давление в трубке приближённо равно:

$$\rho_{\partial} = \varepsilon \frac{\rho V_0^2}{2};$$

где: ρ – плотность движущейся среды;
V_0 – скорость набегающего потока;
ε – коэффициент.

Датчик потока воздуха на основе трубки Пито состоит из трубки, которая выведена в сторону воздушного потока, чтобы поток, который набегает, создавал избыточное давление в трубке по сравнению с давлением снаружи трубки (Рис. 2). Две трубки соединяются в один преобразователь разности давлений, дифференциальный датчик давления для измерения скорости потока [6,7].

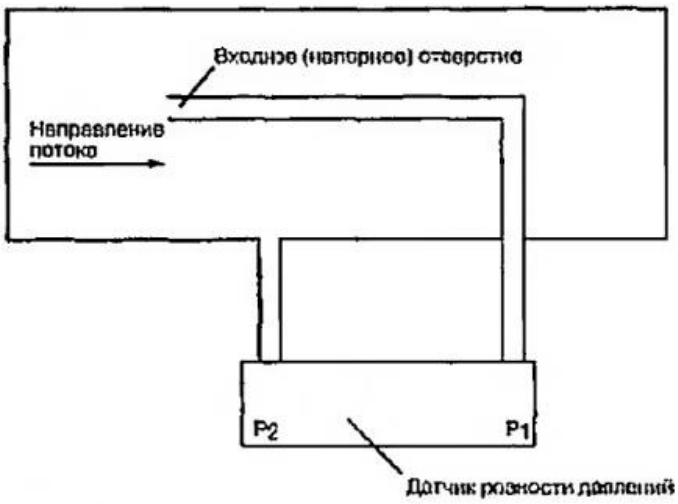


Рисунок 2 – Трубка Пито и датчик измерения потока

Выводы. Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что датчики на основе принципа недисперсионного поглащения инфракрасного излучения и принципа работы трубки Пито, подходят для измерения количества диоксида углерода. Рассмотренные принципы являются надежными и обладают достаточной точностью для определения количества выбросов двуокиси углерода грузовым судном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теоретические основы и использование датчиков. Техническое примечание TN-169.
2. NDIR SNAA207–May 2013 LMP91051 NDIR CO2 Gas Detection System.
3. Non-dispersive infra-red (NDIR) measurement of carbon dioxide at 4.2μm in a compact and optically efficient sensor. Jane Hodgkinsona, Richard Smithb , Wah On Hob , John R Saffellb and Ralph P Tatama.
4. Бирюков Б.В., Данилов М.А., Кивилис С.С. Точные измерения расхода жидкостей. М.: Машиностроение, 1977.144 с.
5. Liptak B. Instrument Engineers' Handbook, Vol. 1: Process Measurement and Analysis. CRC Press. 4 edition. 2003. 1920 p.
6. Standard 8.563–97 Standard – Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by variable pressure drop. Diaphragms, ISA 1932 nozzle and Venturi tube installed in filled pipes of circular cross section, PKI, Standards Publishing House, 1998.
7. Grant D.M. Open Channel Flow Measurement Handbook. 1st edition, Lincoln. Instrument. Instrumentation Specialties Company. 1979.

УПРАВЛІННЯ ПРОПУЛЬСИВНИМИ ДВИГУНАМИ

Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Анотація. Розглянуто математичні методи, які використовуються для опису процесів при управлінні пропульсивними двигунами. Показана ефективність запропонованої повної моделі суднової системи управління пропульсивними двигунами (DP).

Вступ. Мотивація розробки вдосконалених методів управління пропульсивним двигуном в якості рушія судна була ініційована фірмою ABB в середині 1990-х років. Ідея полягала в тому, щоб краще використовувати позитивні властивості електричних приводів і двигунів в інтересах підвищення ефективності управління та якісних показників суднових електростанцій, а також зниження механічного зносу рухомих елементів. Зазначені питання розглядалися такими авторами як Sorensen і ін. [1]. Зокрема, в [1] вивчено рух при використанні пропульсивних двигунів в екстремальних умовах. Далі отримало розвиток управління пропульсівними трастерами в екстремальних умовах, в якому враховуються сильні втрати тяги через ефект турбулентності, коли гвинт піднімається над поверхнею води в результаті сильного хвилювання, а також контролера, що запобігає обертанню двигуна трастера, принцип дії якого аналогічний ефектам в управлінні колесами на автомобілях.

У дизель-електричній силовій установці гвинти на валу зазвичай приводяться в дію електродвигунами зі змінною швидкістю обертання. Горизонтальні двигуни можуть бути безпосередньо з'єднані з валом, що приводить до простого і механічно надійного рішення; або через зубчасте з'єднання, що дозволяє збільшити швидкість обертання двигуна, при цьому конструкція має компактні розміри. Гребні гвинти на валу використовуються головним чином в човникових танкерах та інших суднах, в яких необхідна потужність рушія значно вища, ніж для звичайних азимутальних двигунів. При використанні високооборотних трастерів, пропелери на валу також можуть використовуватися для забезпечення певного значення поперечної тяги.

Системи позиціювання включають в себе безліч функцій управління для автоматичного позиціонування і управління рухом судна. Регулятор позиціонування високого рівня створює керований вектор тяги при хвилюванні поверхні та її коливаннях.

Постановка задачі. Задачею даної роботи є знаходження відповідної сили напрямку тяги трастерів при розподілі тяги. Використовуючи розкладання по одиничним значенням і методи геометричній фільтрації, оптимальне значення сили і напряму для кожного трастера може бути отримано навіть при існуванні одиничного трастера з несправністю, або втратою живлення, при будь-якій конфігурації тяги і типу двигуна [2].

Основна частина. Крок гвинта зазвичай визначається як радіус 0,7R лопасті пропелера і визначається як пройдена відстань за оберт при обертанні пропелера у вигляді гвинта з кутом гвинта, що дорівнює куту лопасті при 0,7R. Співвідношення кроку P / D є відношенням 0,7R до діаметру пропелера. Традиційно, співвідношення кроку гвинта або швидкість вала використовується для непрямого контролю гребної сили при завданні тяги, яке визначається законом розподілу тяги. Залежність вихідної швидкості обертання або кроку гвинта (див. рис.1) від початкового завдання може визначатися за формулою:

$$n_d = g(T_d)$$

Оскільки, як правило, для вимірювання фактичного зусилля, створюваного пропелером, не існує датчиків, то і немає гарантії виконання команд високого рівня тяги, а

процес перетворення завдання керованої тяги двигуна до фактичної сили обертання пропелера можна розглядати як систему з розімкненим контуром.

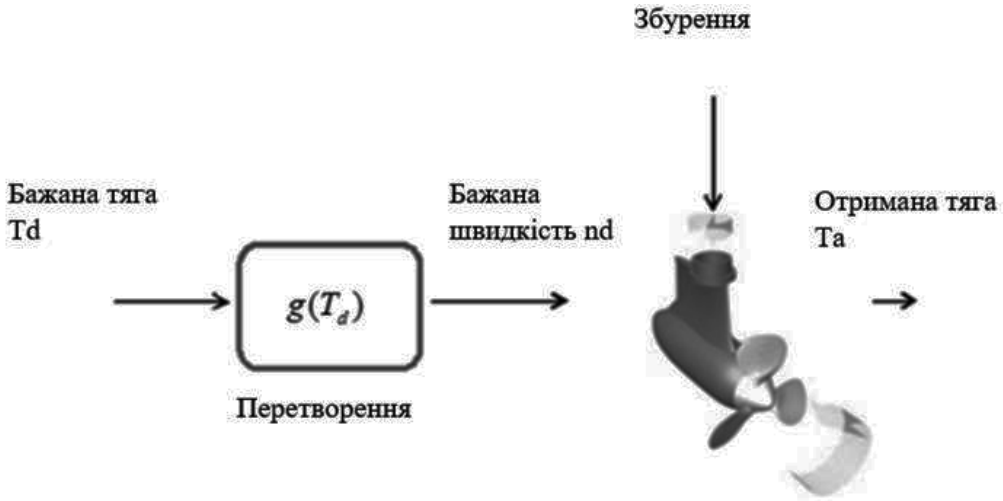


Рисунок 1 – Співвідношення між завданням сили тяги і вихідною тягою пропелера

Таким чином, це ускладнює конструкцію управління, погіршує показники продуктивності і стабільності, якщо вхідні сигнали управління високого рівня не будуть проводитися локальними контролерами.

Звичайно результуючі сигнали уставки швидкості визначаються зі стаціонарних співвідношень сили/швидкості/кроку пропелера, заснованих на інформації про характеристики двигуна, знайдених при випробуваннях моделі, отриманих виробником двигуна і таке інше. Ці співвідношення пізніше можуть бути змінені під час морських випробувань. Однак, на ці співвідношення сильно впливає місцевий потік води навколо лопастей пропелера, конструкція корпусу, стиль експлуатації, рух судна, хвилі і течії. Таким чином, тяга T_a, яка виробляється, може істотно відрізнятися від заданої T_d.

У традиційних системах позиціонування варіації в цих співвідношеннях не враховуються в системі управління, що призводить до зниження ефективності позиціонування щодо точності і часу відгуку. Крім того, зміни можуть привести до погіршення характеристик напруги і стабільності в електромережі через ненавмисні піки або провали споживаної потужності, викликані коливаннями навантаження на валах гребних гвинтів. Це означає, що дизель-генератори в подібних випадках повинні мати більший запас потужності, в результаті якого загальна середня завантаженість знижується, що невиправдано збільшує витрати на технічне обслуговування. Це мотивує на пошук поліпшених методів локального управління двигуном трастера.

Згодом, завдання швидкості обертання пропелера в системах управління трастерами змінилося завданням моменту на валу [3]. Таке рішення надає більш стабільні навантаження на енергосистему і є менш чутливим до зовнішніх впливів.

Моделювання пропелерів ускладнене тим, що неможливо розробити модель установки по первинним законам управління. Тому поєднання спрощених аналітичних і емпіричних моделей є широко використовуваним рішенням. При цьому моделі повинні бути досить точними, щоб фіксувати основні фізичні ефекти, - це полегшує проектування і тестування системи управління.

Застосовуючи рівняння моменту до робочого об'єму, який створює вхідний потік, тяга може бути пов'язана зі швидкістю зміни моменту керуючого об’єму, що, в свою чергу, дасть динамічне рівняння для математичного опису швидкості просування рідини [4].

Об'єднавши моделі гвинта, двигуна і трастера, можна отримати повну модель системи управління DP, яка представлена на рис. 2.

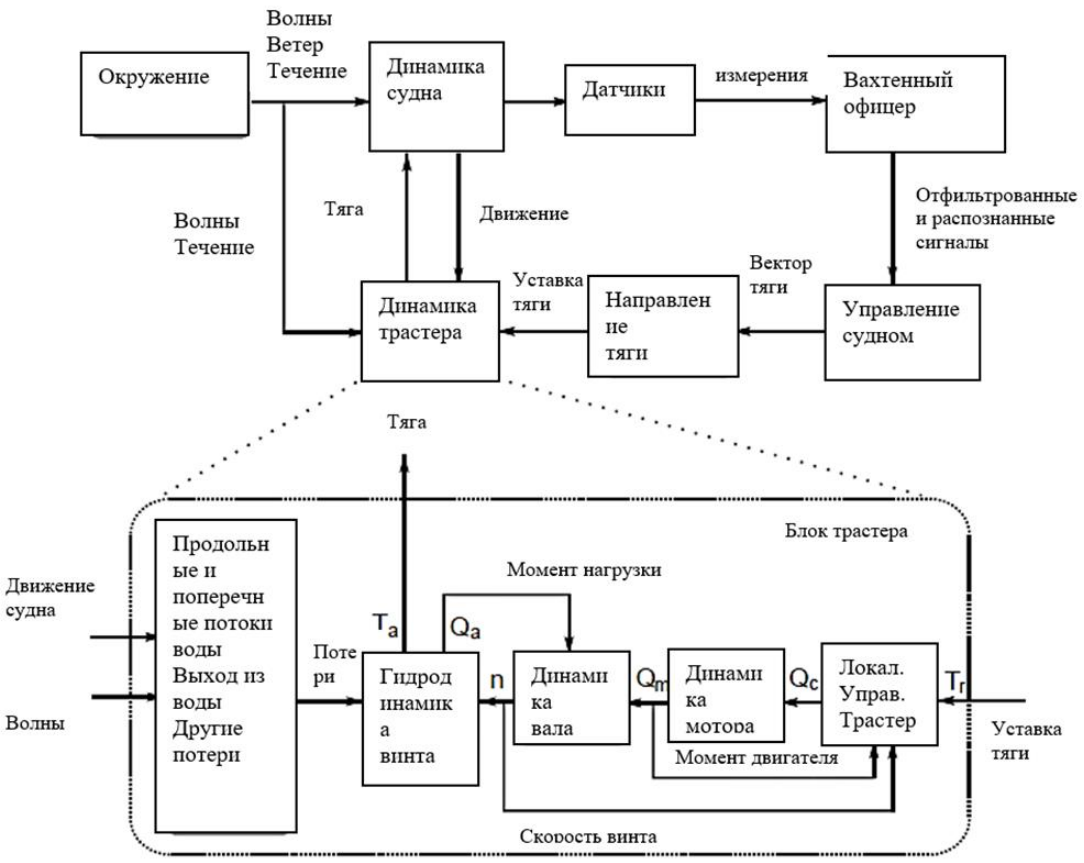


Рисунок 2 – Повна модель системи управління DP

Висновки. У представленій роботі показано, що всі параметри та налаштування повинні розглядатися в комплексі для отримання бажаної поведінки системи динамічного позиціонування.

Використання результатів математичного моделювання дозволяє створювати високоефективні системи управління судновими пропульсивними двигунами; забезпечити стабільну роботу енергосистеми в різних експлуатаційних режимах, в тому числі при маневрах судна, в таких як підрулюючі системи суден, використовуються максимально при цьому режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhilenkov A. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology [Text] / A. Zhilenkov, S. Chernyi // Energy Procedia. – 2015. – Vol. 100. – P. 1247–1252.

2. Алексеев Н.А. и др. Микропроцессорные системы контроля и управления судовых технических средств. – Санкт-Петербург, 2005. – 286 с.

3. H.G. Doshchenko, D.A. Nahovskyi. Control methods of vessel’s thruster at changing operate conditions. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2019. – № 1 (20). – С. 224-233.

4. Haskara, ˙I., Ü. Özgüner, J. Winkelman. Wheel slip control for antispin acceleration via dynamic spark advance. Control Engineering Practice, 8, 2000.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МИНОНОСЦЕВ ВОЕННОГО ФЛОТА

Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета
«Одесская морская академия»
(Украина)

История развития кораблей класса миноносец, их проектирование, строительство и эксплуатация имеет глубокие корни создания отечественной школы судостроения и создания передовых конструкций ГЭУ. Класс миноносцев зародился в период русско-турецкой войны 1877-1878 гг. после успешного применения паровых минных катеров под руководством С.О. Макарова против турецких броненосных кораблей. Нестабильная политическая обстановка потребовала срочного усиления и модернизации русского флота. Морское министерство в 1878 г. заказало 90 миноносцев и только 10 за границей.

Строившиеся в Петербурге миноноски транспортировали в Севастополь по железной дороге и по прибытию на Чёрное море прямо с платформы их спускали на воду и разводили пары в котлах. Строительство миноносок является первым опытом крупносерийной постройки кораблей для ВМФ. В XIX столетии к началу 80-х годов Россия уже имела самый мощный миноносный флот в мире. Строительство миноносок сопровождалось развитием передовых конструкций, принятием прогрессивных решений, а также технологических процессов. Вследствие их довольно большой энерговооруженности применялись и внедрялись новейшие, важнейшие усовершенствования.

Самый большой из минных катеров С.О. Макарова имел водоизмещение 3,5 т., что давало возможность перевозить их на судах. Первые из автономных миноносок имели водоизмещение до 30 т. и имели скорость хода до 16 узлов (в таблице 1).

Таблица 1 – Характеристика энергетических установок русских миноносцев

	Установки с поршневыми машинами							Турбинные установки			
	Миноноски	„Батум"	„Сухум"	„Котлин"	„Або"	„Роченсальм"	„Пернов"	„Ласточка"	„Новик"	„Изяслав"	Проект Балтийского завода
Год спуска корабля	1877—1878	1880	1883	1885	1886	1890	1892	1903	1911	1914	1915
Водоизмещение, *т*	22	45	65	59	78	96	110	140	1300	1350	160
Скорость хода, *узл.*	до 16	15,5 (22)	до 19	16,5	21	18,5	25,5	до 26	36	35	30
Энерговооруженность, *л. с./т*	9,1	—	9,7	8,1	11,5	11,5	18,2	14,3	30,8	26	27,5
Мощность установки, *л. с.*	200	—	630	480	900	1100	2000	2000	40 000	35 000	4400
Число гребных винтов	1	1	1	2	1	1	2	3	3	2	2
Тип главной машины	Поршневая двукратного расширения				Поршневая трехкратного расширения			Поршневая машина; ТВД, ТНД	Прямодействующие турбины		ГТЗА
Тип и число котлов	Огнетрубный паровозного типа					Водотрубные трехколлекторные					
	1	1	1	1	1	2	2	2	6	5	2
Давление пара, *кг/см²*	8,4	9,1	9,1	8,4	12,6	13	12,5	12	17	17	18,5
Удельный расход топлива при полной нагрузке, *кг/л. с.-час*	Уголь 1,75	Уголь	Уголь 1,6	Уголь	Уголь 1,02 (0,85)	Уголь 1,06	Уголь 1,0	—	Мазут 0,67	Мазут —	Мазут —
Удельный вес установки, *кг/л. с.*	58,6	—	45,6	45,5	34,5	27,8	23,4	—	15,9	—	—
Доля длины корабля, занимаемая установкой, %	45	44,5	32	36	33	32	39	39,5	56,5	55	—
Удельная площадь машинно-котельных отделений, *м²/1000 л. с.*	149	—	49	81	46	37	25,3	34	10	11,3	—

Они обладали энерговооружённостью 10 л. с./т. относительно 0,7 – 1,0 л. с./т. для тяжелых кораблей. Такая высокую энерговооруженность и стремление создать дешевое массовое оружие определили два основных требования к энергетической установке: минимальный вес и предельная простота конструкции. Такими характеристиками обладали установки паровозного типа, как наиболее напряженные, выпускаемые большими партиями при налаженном производстве.

На первых миноносках энергетическая установка имела огнетрубный пролётный котёл и двухцилиндровую поршневую машину однократного расширения, расположенные в общем отделении.

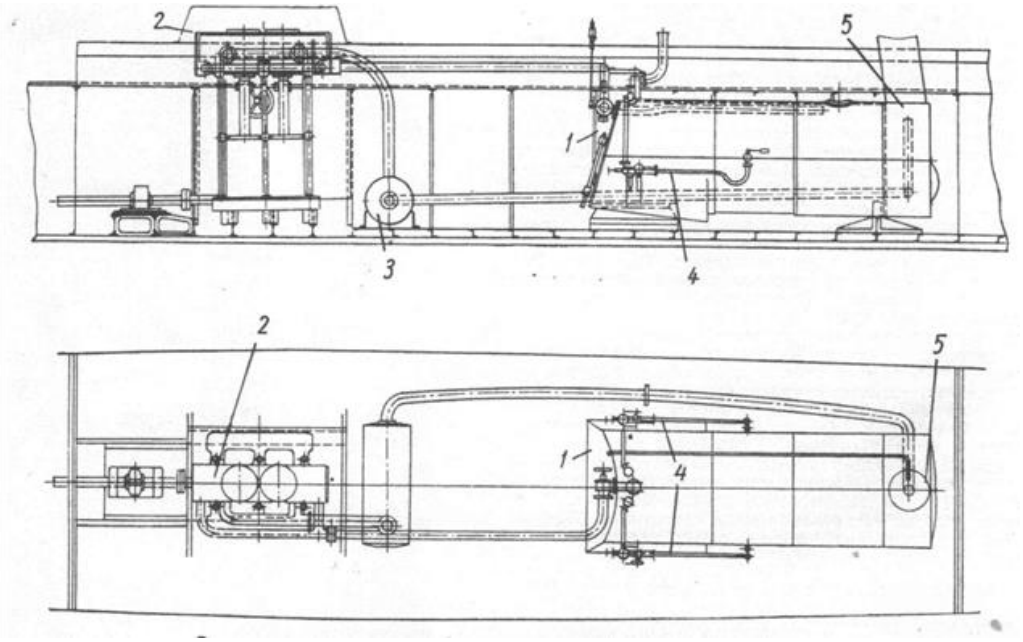


Рисунок 1 – Расположение энергетической установки миноноски «Сулин» (1877 г.): 1-паровой пролётный огнетрубный котёл; 2-двухцилиндровая машина однократного расширения; 3-глушитель; 4- инжекторы; 5- паровой форсун

Отработанный пар машины для усиления тяги направлялся через форсунку в дымовую трубу. Чтобы снизить уровень шума, пар на пути к форсуну проходил через специальный глушитель. Вспомогательное оборудование отсутствовало, за исключением инжектора. Машины изготавливались вертикальными на лёгких, усиленных поперечными тягами кованых стойках и могли развивать до 400-500 об/мин относительно 70-100 об/мин машин крупных кораблей того времени. Удельный вес установки был соответственно 50-60 кг/л.с. относительно 150-180 кг/л.с. для крупных кораблей.

В процессе развития этого класса кораблей наметилась тенденция увеличения размеров и мощности ГЭУ. В связи с недостаточной мореходностью катеров и миноносок начали строить первый в мире миноносец «Взрыв», на заводе Берда в Петербурге в 1877 г., водоизмещением 130 т. и мощностью ГЭУ 500 л.с.

В 1880 г. русское правительство разместило заказ в Англии, на строительство большой миноноски «Батум». Успешный переход «Батума» после постройки в Англии в Чёрное море (5000 миль) послужил стимулом для появления кораблей такого класса в составе зарубежных флотов. В дальнейшем корабли типа “Батума” получили новое название вместо миноносок стали называться миноносцами. Уже в те годы стали уделять большое внимание достижению кратковременной максимальной форсировки ГЭУ. С этой целью ещё в 1878 г. Макаров предложил устанавливать на миноноски дополнительный форсажный двигатель, такой как использовали в торпеде.

В 1885 г. поступило предложение подпоручика Назарова о введении в цилиндры главной машины миноносок подогретой отходящими газами котла углекислоты, поступавшей из отдельных балонов. Несмотря на очевидные недостатки таких проектов, надо отметить, что они впервые указали целесообразность применения различных специальных форсажных средств. Так как эти корабли предназначались в основном для ночных операций и атак на близких расстояниях потребовалось произвести снижение шумности всей установки.

Для снижения шума во время сброса отработанного пара в атмосферу, В.И. Афанасьев в 1881 г. предложил специальный «шумоукротитель» в виде мощного эжектора, который принимал воду из-за борта или из трюма. Также в 1883 г. предложил создать бесшумную установку Томашевич, применив на миноносках электродвижение. Такую идею реализовали итальянцы в период первой мировой войны, оборудовав электродвигателями «подкрадывания» торпедные катера.

Уже в 1878-1879 г. энергетические установки строившихся миноносок имели замкнутую схему цикла пар конденсат, что давало возможность обеспечить питание котлов конденсатом. Паровая машина двухкратного расширения; привод всех вспомогательных механизмов (кроме котельного вентилятора) –от общей вспомогательной машины, т.е. был использован блок вспомогательных механизмов.

Построенные в 80-х гг. мореходные миноноски имели одновальную установку и паровую машину двукратного расширения.

Вспомогательные механизмы, за исключением котельного вентилятора и циркуляционного насоса, приводились в действие от главной машины, а охлаждение конденсатора осуществлялось самопротоком. На миноноске «Поти» для подачи забортной воды на малых ходах и во время маневрирования использовали эжекционное действие струи пара, который выпускался через специальное сопло в отливном патрубке конденсатора.

Главная машина размещалась не полностью в пределах корпуса миноноски и, как правило, выступала над уровнем верхней палубы. Чтобы уменьшить высоту машины в 1884 г. Гуляев предложил применить двухвальную установку, в которой для наибольшего эффекта каждый вал должен был приводиться двумя последовательно установленными машинами.

Чтобы проверить целесообразность применения на миноносках двухвальных установок, так как опасались увеличения веса и снижения пропульсивного коэффициента, на Балтийском заводе разместили заказ на строительство в 1885 г. первой в мире двухвинтовой миноноски «Котлин».

Также в 1886 г. начали применяться машины трёхкратного расширения, начиная с миноносок типа «Або», в которых использовался пар повышенного давления, что дало возможность на 35-40% снизить вес котлов и на 25% вес всей установки.

Начиная с 1882 г. в связи с дальностью плавания (1000 миль), которая была предусмотрена тактико-техническим заданием на строительства миноносок типа «Сухуми» и для этого начали проводить опыты по использованию нефтяного отопления котлов. После успешного окончания опытов в 1883 г. на нефтяное отопление перевели установку миноноски «Жаворонок»; котёл которой оборудовали двумя форсунками с паровым распыливанием; разводка паров котла производилась дровами. Ходовые испытания дали хорошие результаты – расход топлива по сравнению с угольным отоплением снизился на 43,7%.

В 1894 г. на миноносце «Выборг» начали проводить испытания отопления котлов с применением механического распыления топлива и уже с 1897 по 1900 г. было переведено на нефтяное отопление 20 миноносцев.

Но уже с увеличением продолжительности плавания миноносцев выявилась неприспособленность пролётных огнетрубных котлов паровозного типа к эксплуатации в напряженных судовых условиях.

На основании обследования ПСУ миноносок Черноморского флота выяснилось, что из 19 кораблей 9 вступили в строй с течью котлов, которая была вызвана форсировкой во время ходовых испытаний, а на шести миноносках котлы не поднимали давление выше 70-75% от спецификационного; в котлах двух миноносок в течении трёх лет эксплуатации сменили все дымогарные трубки.

В 1890 г. первые водотрубные трёхколлекторные котлы были установлены на миноносце «Роченсальм», который был построен на Балтийском заводе. Опыт, полученный при их изготовлении и эксплуатации, показал положительные стороны водотрубных котлов и с 1892 г. все миноносцы русского флота оборудовали только водотрубными котлами. Технический прогресс позволил произвести переход к водотрубным котлам, которые дали возможность увеличить мощность и снизить удельный вес. Можно убедиться в правильности технической политики морского министерства на примере двух миноносцев типа «Пернов» в 1896 г. входивших в состав Средиземноморской эскадры, которые находились постоянно под парами до 12 суток и при этом не произошло ни одного случая повреждения котлов. При этом впервые применили в установках миноносцев регенеративный подогрев питательной воды паром, отбираемым от главной машины.

За 10 лет, с 1890 по 1900 г.г., благодаря техническому прогрессу мощность энергетических установок миноносцев заметно возросла с 2000 до 6000-7000 л.с., а удельный вес снизился с 30 до 24 кг/л.с. Дальнейшее повышение мощности при одновременном снижении удельного веса установок до 21-22 кг/л.с. оказалось невозможным из-за предела прочности. Число выходов миноносцев на ходовые испытания иногда достигало 70, прежде чем они достигали проектных характеристик.

Несмотря на введения множества передовых усовершенствований, в частности таких как (V-образная конструкция машины, форсированная смазка, турбины отработанного пара и мн. др.) возможности паровой машины оказались исчерпанными.

Перед учёными, судостроителями и моряками назрела проблема необходимости перехода на новый тип главного двигателя.

В 70-х годах 19 века были приняты первые попытки применить ротативные двигатели на миноносных кораблях, когда на одной из миноносок испытывалась коловратная машина Н.Н. Тверского. Уже в 90 году были известны работы П.Д. Кузьминского. Первые паровые турбины появились в 1899-1900 гг. на двух английских миноносцах «Вайпер» и «Кобра».

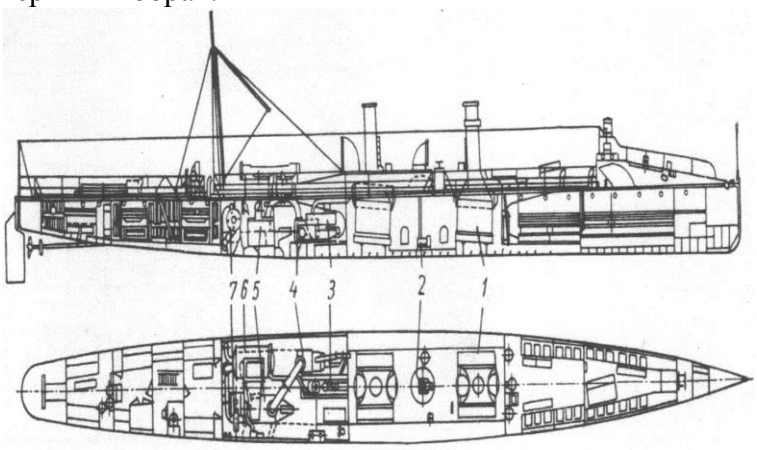


Рисунок 2 – Расположение установки миноносца «Ласточка» (1903 г.):
1-паровой котёл; 2-котельный вентилятор; 3-паровая машина экономического хода; 4 – ТВД; 5-ТНД; 6- конденсатор турбин; 7-циркуляционный насос

Учитывая рост мощности ГЭУ усилился интерес к нефтяному отоплению котлов. В 1907 г. во время строительства мноносцев типа «Трайбл», которая имела мощность ГЭУ 14.500 л.с., авторитетная группа английскх учёных и специалистов посетила Россию с целью изучения нефтяного отопления на речных судах. К началу первой мировой войны принципиальные трудности были преодолены и многие ГЭУ миноносцев были переведены на жидкое топливо.

В 1903 г., когда за рубежом строились лишь отдельные опытные установки, Петербургский металлический завод приступил к организации постройки судовых турбин. Позже производство судовых паровых турбин было налажено на Франко-Русском, Путиловском, Балтийских заводах в Петербурге, а также в Николаеве.

Уже в 1908 г. на Металлическом и Охтинском судостроительно-машиностроительном заводах разрабатываются первые проекты турбинных миноносцев водоизмещением до 900 т.,

А в 1909 г. по заданию Морского технического комитета передовые проекты турбинных миноносцев разработали ещё шесть русских заводов.

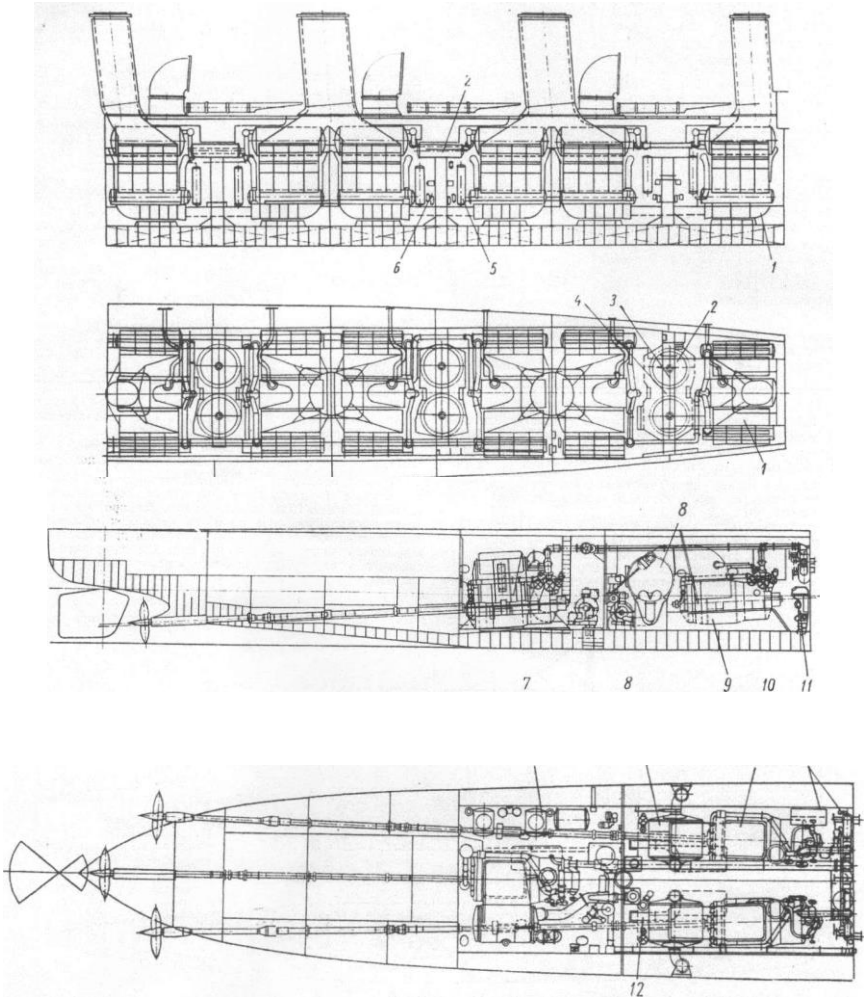


Рисунок 3 – Расположение эсминца «Новик» (1911 г.):
1- котёл; 2- котельный вентилятор; 3- питательный насос; 4- подогреватель питательной воды; 5-подогреватель топлива; 6-топливный насос; 7-испаритель; 8-главный конденсатор; 9-главная турбина; 10-масляный насос; 11-конденсатно-воздушный насос; 12-циркуляционный насос

В 1910 г. на Путиловской верфи был заложен, а в 1911 г. спущен на воду первый турбинный эскадренный миноносец русского флота «Новик». Его энергетическая

установка в 2,5 раза превышала по мощности установки иностранных кораблей этого класса. На испытаниях «Новик» установил мировой рекорд, показав среднюю скорость хода 36,86 узл.

Продольный разрез

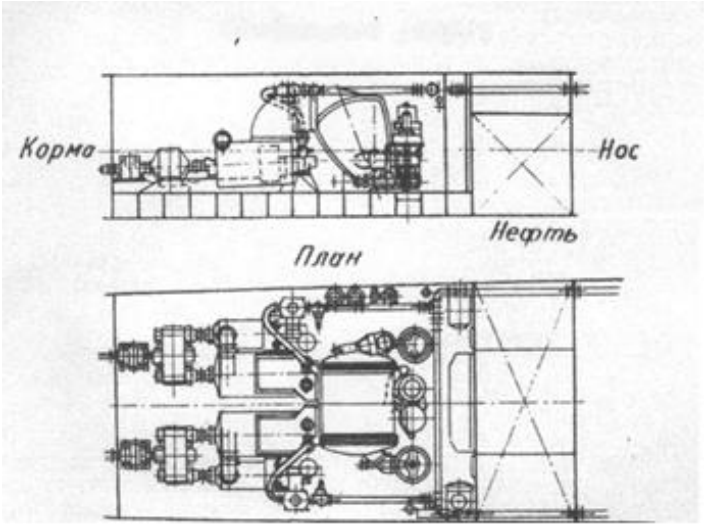


Рисунок 4 – Расположение механизмов в турбинном отделении миноносца (проект Балтийского завода, 1915 г.)

Его установка состояла из 3 однокорпусных прямодействующих активно-реактивных турбин и 6 котлов на нефтяном отоплении. Трёхвальная конструкция и ограниченная паропроизводительность котлов в агрегате вызвали значительное удлинение установки, которая занимала 56,5% длины корабля – наибольшее из значений, когда-либо достигнутых на миноносцах. Механизмы для «Новик» заказывались в Германии, но всем процессом проектирования и постройки установки руководила техническая комиссия Комитета по усилению флота, которая на основе опыта эксплуатации последних миноносцев с поршневыми машинами разработала детальную спецификацию. Для следующих эсминцев этой серии механизмы поставлялись Путиловским, Металлическим заводами, Ревельской верфью и только часть механизмов и отдельные крупные отливки выполнялись за границей. На кораблях более поздней постройки при несколько меньшей мощности (25 000-35 000 л. с.) установка выполнялась двухвальной. На эсминцах типа «Лейтенант Ильин» в результате применения двустороннего отопления котлов число их удалось уменьшить до четырёх. Тепловая схема энергетической установки предусматривала подогрев питательной воды отработавшим паром вспомогательных механизмов, а на эсминцах типа «Изяслав» избытки отработавшего пара могли использоваться в последних ступенях главных турбин. Так уже в 1910-1916 гг. на русских верфях было заложено 55 турбинных эсминцев, из которых около 30 вступило в строй накануне и в период первой мировой войны.

Подсчитано, что некоторые русские эсминцы на Чёрном море проходили по 30 000-40 000 миль в год, имея до 25 ходовых дней в месяц. Экономичность прямодействующих установок была, однако, не достаточной, что объяснялось низкой общей эффективностью комплекса прямодействующая турбина-гребной винт.

На целесообразность применения в турбинных установках промежуточной передачи для повышения пропульсивного КПД впервые указал в 1898 г. Орехов и предложил использовать электрическую передачу, и он же выполнил расчёты для установки миноносца типа «Пернов». Первый судовой зубчатый редуктор нашёл применение в 1899 г. на ледоколе «Ермак» для паровых поршневых машин экономического хода (предложение

С.О. Макарова). Первый судовой турбозубчатый агрегат построили англичане в 1910 г. Первый проект корабельной установки с ГТЗА в России был разработан в 1915 г. на Балтийском заводе для миноносца водоизмещением 160 т. Установка мощностью 4400 л. с. была двухвальной и размещалась в двух отсеках, разделённых поперечным бункером. Котлы разрабатывались под руководством инженера Б.А. Горбунова, ГТЗА (двухкорпусные; передаточное отношение редуктора - 4,25).

В целях достижения экономичности, в случае необходимости, снижались обороты и скорость, в работе оставалась только паровая машина, которая также использовалась в период маневров и реверсов на разных режимах.

В 1910 г. интересную идею предложил инженер В. Татаринов по усовершенствованию конструкции паровой системы для миноносца. Он предложил комбинированную установку, в которой отработавший пар поршневых машин на всех режимах использовался в турбинах низкого давления. Опыт первой мировой войны показал высокую надёжность и долговечность турбинных установок.

Таким образом, в целом отсталая в техническом отношении царская Россия, начала быстро развивать судовое турбостроение и через 5 лет творческая работа нженеров вывела турбостроение России в первые ряды в мире. Кроме вышеупомянутых, надо также отметить значительный вклад таких заводов как Ленинградский, Харьковский и Николаевский.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров. Жидкая углекислота как вспомогательная сила для увеличения скорости хода миноносок. «Морской сборник», 1885, № 12.
2. ЦГАВМФ СССР. Об электрической двигательной машине. Дело МТК, минная часть, 1883, № 22.
3. Борман, Жуков. Турбинные суда военного флота. СПб, 1908.
4. Винтер В. Описание механизмов эскадренного миноносца «Новик», Кронштадт, 1914.
5. Македон Ю.А. Проектирование паросиловых установок надводных кораблей. Оборонгиз, 1939.
6. Орехов. Применения паровых турбин с электрической передачей на судах. «Морской сборник», 1898, № 10.
7. Юдовин Б.С. Первый отечественный проект судовой турбоустановки с зубчатой передачей. «Вестник машиностроения», 1954, № 7.

БОРЬБА ЗА ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ БИОСФЕРЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ МОРСКОГО ФЛОТА

Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»
(Украина)

Борьба с загрязнением окружающей среды является актуальнейшей проблемой современности. Судостроители вносят в её решение свой весомый вклад. Уже на стадии проектирования предусматриваются меры по защите моря и атмосферы от загрязнений, возникающих при эксплуатации судов.

После Второй мировой войны в связи с быстрым техническим прогрессом вопросы защиты окружающей среды и охраны природы с каждым годом становятся всё более актуальными. Суда и их энергетические установки (ЭУ) наряду с другими транспортными средствами вносят определённую долю в загрязнение окружающей среды. Находясь в плавании, суда оказывают лишь временно-локальное воздействие на ограниченный участок среды; в связи с быстрым ростом флота это воздействие с каждым годом возрастает. В мировом транспортном флоте в настоящее время насчитывается более 80700 крупных судов, а тоннаж мирового флота ежегодно увеличивается на 8-9%, и мощность их установок возрастает на 10-12%.

Загрязнения, вносимые судами, по своему виду, токсичности, влиянию, которое они оказывают на среду, и их удельному значению весьма различны. Можно условно разделить их на две группы: загрязнение атмосферы отработавшими газами, утечками и отходами газов и паров и загрязнение вод, а также дна морей, океанов, рек и других водоёмов нефтепродуктами, твёрдыми и другими отходами. Радиационные и тепловые излучения и радиоактивные отходы реакторов, шум и вибрация, создаваемые судовыми ЭУ, можно отнести к обеим указанным группам, так как они оказывают влияние, как на атмосферу, так и на воды и почву водоёмов.

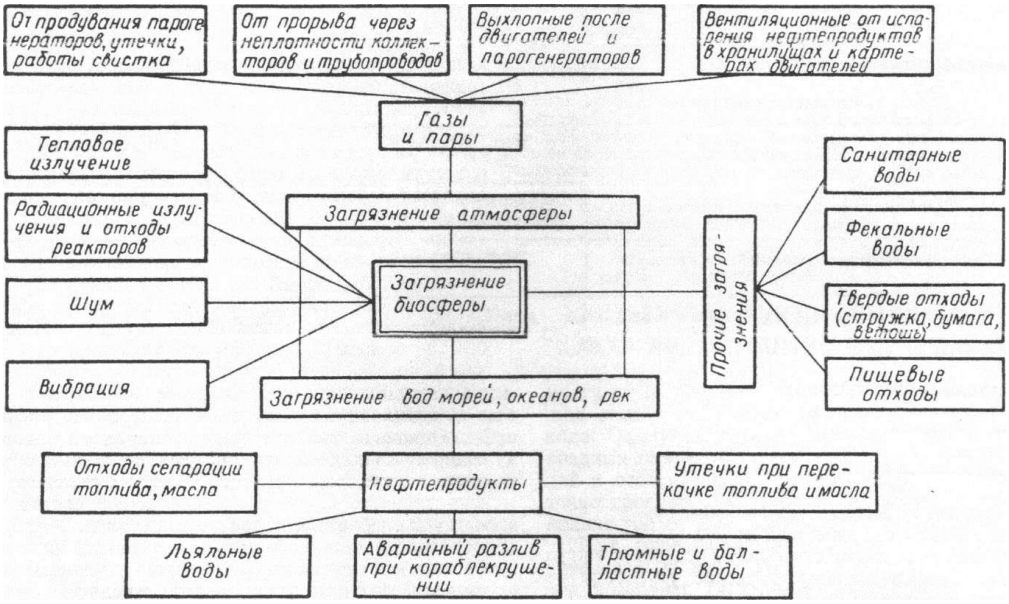


Рисунок 1 – Классификация видов загрязнений, вносимых в биосферу судами и их энергетическими установками

Следует указать на известную условность приведённой классификации (рис. 1), поскольку биосфера нашей планеты представляет собой единое целое, и нарушение какой-либо её части неизбежно оказывает на неё влияние в целом. В данной статье более подробно рассматриваются основные источники загрязнения: отработавшие газы, сброс трюмных, балластных и других вод, загрязнённых нефтепродуктами, и аварийный разлив нефтепродуктов в результате кораблекрушений.

Таблица 1 – Состав топлива в процентах

Наименование топлива	Основные компоненты		
	C	H	N+S+O
Дизельное	86	13,5	0,5
Моторное	86	13,0	1,0
Мазут	87	11,5	1,5

В табл. 2 указаны возможный состав вредных примесей в отработавших газах и их токсичное воздействие на человека. В скобках-допускаемое содержание примесей в атмосферном воздухе. Как видно из этих данных, количество вредных примесей в отработавших газах дизелей значительно превосходит допускаемые нормы для атмосферного воздуха и может нанести вред здоровью человека. Состав и количество отработавших газов и их токсичность целиком определяются видом топлива, конструкцией двигателя и режимом его работы, процессом сжигания топлива и условиями выхлопа газов. Ещё в СССР были установлены предельно допустимые санитарные нормы содержания вредных веществ в атмосфере. В основу этих норм положена научно обоснованная пороговая величина начала чувствительности вредного вещества; причём, в зависимости от токсичности вещества вводится коэффициент запаса, который может изменяться в широких пределах (от 2 до 100). Таким путём создаётся гарантия безопасности концентрации токсичных веществ в атмосфере.

Таблица 2 – Вредные примеси в отработавших газах дизелей [1]

Наименование примеси	Содержание в отработавших газах, %	Воздействие на человека при содержании примеси в воздухе, %
Окись углерода CO	0,005-0,5 (0,000 8)	0,01 – отравление при длительном пребывании 0,05 - отравление через 1 час 1,0 - потеря сознания после нескольких вздохов
Окислы азота NO, NO_2, N_2O_4 и др.	0,004-0,2 (0,000009) (в пересчете на N_2O_5)	0,000 1 -0,0003 - восприятие запаха 0,0013 – раздражение слизистых оболочек 0,004-0,008 – отек легких
Сернистый ангидрид SO_2	0,003-0,05 (0,000012)	0,001 7 - раздражение слизистых оболочек 0,01 - отравление через 1 мин
Акролеин-альдегид акриловой кислоты CH_2	0,001-0,004 (0,00008)	0,000 5 - труднопереносима 0,014 - приводит к смерти через 10 мин.
Формальдегид H_2C	4-7 $см^3/м^3$ (0,00001)	0,007 – раздражение слизистых оболочек 0,018 – осложнения
Углеводороды; соединения типа C_xH_y	0,013-0,047	Раздражение слизистых оболочек, в соединении с окислами азота образуют смог
Твердый фильтрат отработавших газов (сажа) и несгоревшее топливо	0,01-0,5 мг/л (0,000 038)	Загрязнение воздуха и воды, ухудшение видимости

В табл. 3 указаны предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в воздухе производственных помещений (в том числе и на судах) и в атмосферном воздухе. Для сравнения приведены нормы, принятые в США и в ФРГ. Как видно из табл. 3, допустимые нормы концентрации вредных веществ в нашей стране значительно жёстче, чем в США и ФРГ. Учитывая, что в транспортном флоте более 80% всех ЭУ имеют в качестве главных и вспомогательных двигателей дизели, и что их мощность измеряется десятками миллионов кВт, снижение токсичности отработавших газов является актуальной задачей в борьбе с загрязнением окружающей среды. Эта задача должна решаться как на стадии проектирования ЭУ, так и во время эксплуатации судна.

Таблица 3 – Нормы концентрации вредных веществ в различных странах (мг/нм^3)

Вещество	Атмосферный воздух	Воздух рабочей зоны		
	СССР	РФ	США	ФРГ
Окись углерода	1.0	30	12,5	120
Сернистый ангидрид	0,05	10	14,3	26
Формальдегид	0,012	0,5	6,7	6,0
Альдегид	0,03	2	1,25	-
Окислы азота (двуокись NO_2)	0,085	-	10	11
Бензин (топливо)	1,5	100	1920	2000

Уменьшение токсичности отработавших газов судовых ДВС может быть достигнуто за счёт совершенствования рабочего процесса двигателей и систем энергетической установки, выбора режимов эксплуатации двигателей и вида топлива. К числу первых мероприятий можно отнести: беспламенное окисление горючих элементов вредных примесей отработавших газов, которое осуществляется с помощью различных низкотемпературных (≤ 150 °C) нейтрализаторов, например гранулированной смеси марганца и окиси меди, а также высокотемпературных (≥ 300 °C), например керамических стержней, покрытых или пропитанных платиной или палладием. Эти нейтрализаторы весьма эффективны - они поглощают до 90% окиси углерода и альдегиды. Нейтрализаторы размещают непосредственно в выпускном коллекторе или встраивают в трубопровод отработавших газов.

Применяется также пламенное дожигание горючих элементов отработавших газов в специальной камере при температуре 700-850°С, которая создаётся при сжигании дополнительного топлива, подводимого в камеру, или с помощью электрического нагревателя. Проходя через камеру, окись углерода, альдегиды, оставшиеся в газах взвеси топлива и масла окисляются до конечных продуктов - углекислого газа и воды.

Хорошие результаты дает жидкостная нейтрализация, которая заключается в пропускании выхлопных газов через слой жидкости (обычно воды) При этом обезвреживаются лишь растворимые вредные вещества — альдегиды, окислы серы и высшие окислы азота. Окиси углерода и азота не обезвреживаются. Однако следует иметь в виду, что жидкостные нейтрализаторы, кроме того, улавливают сажу, гасят раскаленные твердые частицы отработавших газов, что весьма важно для повышения пожарной безопасности судов, и устраняют неприятный запах.

Опыт показывает, что уменьшение угла опережения впрыска топлива приводит к повышению температуры газа и сокращению выхода окислов азота. Например, для дизеля 1413/14 уменьшение угла опережения с 30 до 15° снизило выход N205 с 6 до 1,8 мг/л.

Следует иметь в виду также, что понижение температуры продувочного воздуха увеличивает его массовый заряд и концентрацию кислорода. Это обеспечивает более полное сгорание топлива и уменьшает выход окиси углерода и других вредных веществ.

Для снижения токсичности отработавших газов целесообразно одновременное использование нескольких из указанных способов. На (рис. 2 а), показана схема, по которой отработавшие газы после двигателя дожигаются в камере высокотемпературного нейтрализатора, затем используются в газовой турбине, приводящей в действие нагнетатель системы наддува воздуха. Затем они поступают в утилизационный котел, где отдают большую часть оставшейся теплоты, и в конце выхлопного тракта проходят через жидкостный нейтрализатор. Такая схема интересна тем, что она позволяет, наряду со значительным снижением токсичности отработавших газов (до 25% от начальной) утилизировать теплоту, оставшуюся в газах после двигателя и камеры пламенного дожигания.

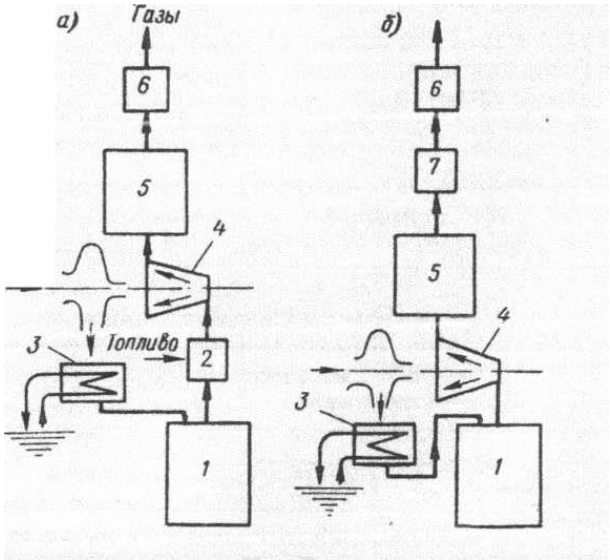


Рисунок 2 – Принципиальные схемы систем малотоксичных двигателей: *а* - с пламенным и жидкостным нейтрализаторами; б - с беспламенным и жидкостным нейтрализаторами; 1 - двигатель; 2 - камера пламенного дожигания; 3 - охладитель воздуха; 4 - турбонагнетатель; 5 - утилизационный котёл; 6 - жидкостный нейтрализатор; 7 - беспламенный низкотемпературный нейтрализатор

Схема беспламенного дожигания (рис. 2 б) обеспечивает снижение токсичности отработавших газов после утилизационного котла последовательно в низкотемпературном и жидкостном нейтрализаторах. Применяемое в судовых дизельных установках охлаждение продувочного воздуха снижает токсичность отработавших газов и одновременно повышает эффективность двигателей.

Установлено, что на токсичность отработавших газов существенное влияние оказывает режим работы двигателей. Экспериментальные данные показывают, что с увеличением нагрузки концентрация главных составляющих вредных веществ в отработавших газах снижается.

В табл. 4 указан состав вредных примесей в отработавших газах транспортного дизеля в зависимости от режима его работы. Как видно, меньшая токсичность газов была на режиме полного хода. Опыты показывают, что большое количество вредных примесей выделяется при пусках двигателей и особенно в тех случаях, когда они недостаточно прогреты. С уменьшением нагрузки удельное количество отработавших газов возрастает.

При проектировании судовых энергетических установок их комплектацию следует по возможности проводить таким образом, чтобы на долевых режимах часть двигателей выключалась, а оставшиеся в работе имели нагрузку, близкую к номинальной. Такое распределение нагрузки одновременно обеспечит меньшее загрязнение атмосферы отработавшими газами и лучшую тепловую эффективность.

Большое влияние на токсичность отработавших газов оказывает вид применяемого топлива и присадок. Наличие в топливе серы целиком определяет содержание в газах сернистого ангидрида и ряд других вредных примесей. Поэтому следует выбирать топливо с наименьшим содержанием серы.

Присадки к дизельному топливу (типа ВНИИ НП и иностранные аналоги) имеют целью нейтрализовать влияние серы и других примесей, а также уменьшить нагары и шлакообразования. Эти присадки оказывают положительное влияние на снижение концентрации вредных веществ в отработавших газах. Кроме указанных, применяют специальные антидымные присадки на основе барийорганических веществ, которые позволяют уменьшить дымность отработавших газов на 70—85%. В настоящее время во многих странах ведутся работы по изысканию таких топлив, которые при сжигании выделяли бы минимальное количество токсичных веществ. Имеются данные об испытании в США так называемого «чистого двигателя», для которого топливом служит смесь газообразного водорода и паров бензина. Лабораторные испытания этого двигателя показали, что отработавшие газы состоят только из углекислого газа и водяных паров.

Таблица 4 – Влияние режима работы дизеля на токсичность отработавших газов

Вредные примеси	Режимы работы			
	малый ход	средний ход	полный ход	маневры
Окись углерода, %	0,0	0,05	0,0	0,0
Углеводороды, %	0,055	0,021	0,015	0,038
Окислы азота, $см^3/м^3$	68	856	178	9
Формальдегид, $см^3/м^3$	17	37	9	70

Не рассматривая подробно вопросы токсичности отработавших газов парогенераторов, отметим, что так как процесс сжигания топлива здесь происходит непрерывно и является внешним по отношению к рабочему циклу двигателя, то условия снижения количества вредных веществ, выделяемых в парогенераторах, являются более благоприятными, чем в ДВС. Следует указать, что в настоящее время повсеместно ведутся работы по совершенствованию двигателей внешнего сгорания типа Стирлинга. В отработавших газах таких двигателей, по сравнению с обычными ДВС, содержание окиси углерода примерно в 20 раз, а водородов в 5-10 раз меньше, ниже шумность, вибрация.

Из рассмотрения методов уменьшения токсичности отработавших газов видно, что при проектировании судовых энергетических установок и в процессе их эксплуатации могут быть использованы многие способы защиты окружающей среды. С этой целью в ряде стран принимаются эффективные меры. Например, для некоторых двигателей количество вредных примесей в отработавших газах в пересчете на СО должно быть не более 24 мг/(л. с. ч), а состав газов должен быть таким, чтобы для нейтрализации требовалось не более стократного разбавления свежим воздухом. В табл. 5. указаны допускаемые нормы выделения токсичных веществ двигателями автомобилей на 1 км пробега, принятые в США до 1976 г. включительно. Как видно из этих данных, количество основных токсичных веществ, содержащихся в отработавших газах, в течение ближайших трех лет должно быть уменьшено в 7-8 раз.

Таблица 5 – Нормы эмиссии токсичных веществ (г/км) за трёхлетний период

Наименование веществ	Годы		
	1974	1975	1976
Углеводороды	1,87	0,257	0,257
Окись углерода	17,4	2,12	2,12
Окись азота	1,93	1,93	0,25

Загрязнения нефтепродуктами. Загрязнение вод Мирового океана нефтепродуктами наносит биосфере не меньший вред, чем загрязнение атмосферы отработавшими газами. Одна тонна нефти может загрязнить 12 км^2 морской поверхности. Сбросы в Мировой океан большого количества нефти вызывают гибель морской флоры и фауны и, в частности, фитопланктона, который является основным потребителем углекислого газа, в связи, с чем существует тенденция его увеличения в атмосфере до опасных значений. За последние сто лет содержание углекислого газа в атмосфере возросло примерно на 10%.

В 1954 г. с участием Советского Союза была подписана Первая международная конвенция, устанавливающая нормы и требования, направленные на охрану природных ресурсов моря. В 1958 г. требования этой конвенции были уточнены и определен верхний предел содержания нефтепродуктов в сбрасываемых в море водах – 100 частей на миллион. На созванной в 1973 г. Межправительственной морской консультативной организацией (ИМКО) конференции была одобрена Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов и приняты двадцать пять резолюций по этому вопросу. В марте 1974 г. в Хельсинки Советский Союз подписал Региональную конвенцию по предотвращению загрязнения Балтийского моря, Ботнического и Финского заливов, учитывающую гидрографические и экологические особенности этого бассейна и его значение для прибрежных стран. Эту конвенцию также приняли ГДР, ФРГ, Польша, Дания, Финляндия и Швеция.

При рассмотрении вопросов загрязнения моря нефтью следует учитывать различное его влияние в зависимости от бассейна. При температуре выше 10-15°С и достаточном количестве кислорода интенсивность распада нефтепродуктов может превысить их поступление, конечно, при соблюдении соответствующих норм. В северных бассейнах естественное разложение нефти протекает медленно и может продолжаться до 5 лет и более. Таким образом, северные моря нашей страны особенно чувствительны к загрязнению и должны тщательно оберегаться. К сожалению, забота о чистоте моря не всегда проявляется.

Сброс в море неочищенных от нефтепродуктов льяльных, трюмных и других вод - один из основных источников его загрязнения. Причиной загрязнения льяльных вод главным образом являются протечки через арматуру, фланцевые соединения и уплотнения насосов топливных и масляных систем. Нефтепродукты в льяльных и других водах могут находиться в эмульгированном состоянии и на поверхности воды в виде пленки, толщина которой в зависимости от условий может меняться от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров. Поступление льяльных вод зависит от водоизмещения судна, типа энергетической установки и ее мощности и от качества эксплуатации и в среднем составляет 0,1-0,2% от водоизмещения в сутки. Как видно, при автономности 20-30 суток и более на судах скапливается большое количество льяльных вод, от которых необходимо освободиться. Содержание нефтепродуктов в этих водах после откачки составляет в среднем 2000-3000 мг/л, что во много раз превосходит верхний допускаемый предел – 100 мг/л. Кроме льяльных вод, на транспортных судах имеется большой объем трюмных, промывочных и балластных вод. Последние заполняют трюмы и топливные цистерны после их опорожнения для дифферентовки, обеспечения остойчивости и других мореходных качеств судна. Количество принимаемых балластных вод зависит от водоизмещения, конструкции корпуса, типа судна и состояния моря и может составить от 5 до 20% и более от водоизмещения. Много балласта перевозят танкеры (до 30% и более) на обратном рейсе. Причем в танках, куда принимается балласт, остается не менее чем 0,5% перевозимых нефтепродуктов. Перед новым заполнением танкера грузом он должен освободиться от балласта, который может содержать нефти до 5000 мг/л, т. е. иметь концентрацию в 50 раз больше допускаемой для сбрасываемой за борт воды. При этом средний танкер грузоподъемностью 50 000 т должен вместе с балластными водами сбросить

примерно 250 т нефтепродукта. В соответствии с количеством перевозимой в настоящее время нефти это приводит к сбросу в океан порядка 6000 т нефти в сутки или примерно 2,2 млн. т в год. Международная конвенция 1973 г. предусматривала, что новые танкеры дедвейтом 70 000 т и более должны иметь изолированные балластные танки такой вместимости, чтобы не прибегать на балластных переходах к использованию нефтяных танков.

Для защиты моря от загрязнения его нефтепродуктами, сбрасываемыми с водами, на всех судах должны устанавливаться сепарирующие устройства, очищающие воду от нефтепродуктов. Наиболее эффективными являются двухступенчатые устройства грубой и тонкой очистки, позволяющие очистить воду до концентрации примесей 5-10 мг/л. Указанными выше конвенциями предусмотрен ряд правил, ограничивающих сброс очищенных вод в море, в том числе, что такой сброс допускается в распыленном виде на расстоянии от берега; менее 4 миль и в не распылённом виде на расстоянии от берега более 12 миль при скорости судна не менее 4 уз и при условии сброса по частям.

В ряде случаев суда могут пользоваться береговыми очистительными станциями, принимающими балластные и трюмные воды. В частности, весьма эффективной является очистительная станция в порту Новороссийск. Собранные на этой станции в результате очистки вод нефтепродукты в большом количестве направляются для использования по прямому назначению. Подобные станции были построены в Батуми, Клайпеде, Находке и других портах Советского Союза. Кроме этого, в портах имеются специальные баржи для приема с судов льяльных и балластных вод. Сдача этих вод стимулируется, их стоимость с учетом получаемых после очистки нефтепродуктов составляет примерно 8% стоимости мазута.

Аварийный разлив нефтепродуктов. При рассмотрении источников загрязнения моря нефтью нельзя не учитывать ее разлив в результате аварий и кораблекрушений. Только за три года по апрель 1967 г. 91 танкер сел на мель и 238 имели столкновения. За первые пять месяцев 1968 г. 39 танкеров попали в аварию. Всего же в Мировом транспортном флоте с 1964 по 1968 г. включительно погибло 730 крупнотоннажных судов, а за следующие пять лет с 1969 по 1973 г. погибло 840 судов. Многие аварии сопровождались разливом нефти. Примером крупной аварии может служить известное столкновение либерийского танкера “Торри Каньон”, которое произошло в марте 1967 г. в 16 милях от южного берега Корнуэльского полуострова Англии. В результате катастрофы более 100 тыс. т нефти вылилось в море. В табл. 6 приведены данные Ливерпульской страховой ассоциации о динамике гибели судов и их тоннаже с 1969 по 1973 г. Как видно, в среднем каждые 3 дня гибнет одно судно водоизмещением ~ 6000 т. По тем же данным число серьезных аварий, не приводящих к гибели, составило в 1972 г. – 585, в 1973 г. – 5878 аварий, или каждый день в среднем происходит 16 аварий крупных судов, большинство которых связано с загрязнением моря.

Таблица 6 – Количество погибших судов и их водоизмещение

Годы	1969	1970	1971	1972	1973
Число судов	147	151	175	188	179
Водоизмещение, т	819740	708 655	943 969	1 056 904	1 078 523

Статистический анализ аварий и кораблекрушений по транспортным судам показывает, что вероятность такого события для одного судна в течение 5 лет составляет примерно 0,05, а вероятность гибели судна ~ 0,014. Причем тенденция изменения указанных вероятностей направлена на их возрастание. В какой-то степени это можно объяснить увеличением интенсивности движения флота в связи с ранее указанным ежегодным приростом его состава. Так, например, в Атлантике сейчас в любой момент времени находится в среднем около 7000 судов.

Столь высокая вероятность аварийности при оснащении судов современной навигационной техникой привлекает к себе все большее внимание. Нельзя считать, что причиной всех аварий является нарушение правил судовождения или непреодолимые штормовые условия. Многие аварии происходят в результате недостаточной конструктивной надежности судов и их энергетических установок. Многие танкеры старой постройки для увеличения грузоподъемности разрезали пополам, и между носовой и кормовой частью вставлялась новая, самая вместительная секция, причем прочность и мореходные качества таких танкеров обеспечивались недостаточно. Именно таким путем водоизмещение уже указанного танкера “Торри Каньон” было увеличено на 51 тыс. т или на 76%. Только в 1973 г. вследствие низкой надежности двигателей, валопроводов, гребных винтов и других элементов энергетической установки произошло 2240 серьезных аварий или 38,2% от общего числа аварий в указанном году. В работе указывается, что при одновальной пропульсивной установке многие танкеры имеют неудовлетворительную маневренность. Некоторые супертанкеры имеют выбег, достигающий 7 миль, а диаметр их циркуляции достигает двух и более миль; они не всегда способны выполнить необходимый маневр для обеспечения своей безопасности.

Для исключения возможности возникновения опасных аварийных ситуаций, в том числе и таких, которые влекут за собой разлив нефтепродуктов наряду с рядом мероприятий, обеспечивающих эксплуатационную безопасность, при проектировании судов должна быть обеспечена высокая надежность и прочность. Например, для того, чтобы уменьшить вероятность аварийного разлива нефтепродуктов, разработаны конструкции танкера с двойными бортами и двойным дном. Такую конструкцию корпуса имеют некоторые советские танкеры с ледовыми подкреплениями. В конвенции 1973 г. рассматривались требования по доведению до минимума загрязнения моря в случае повреждения борта и днища. Вводятся ограничения по расположению и по размеру танков. Приводятся формулы для расчета гипотетического вылива нефти, в зависимости от размеров танков и регламентируется предельная величина такого вылива. Таким образом, устанавливаются максимально допустимые размеры танков нефтеналивных судов, причем применительно к бортовым танкам указывается, что объем любого бортового танка не должен превышать 75% гипотетического вылива нефти.

Применение двухвальных установок, винтов регулируемого шага, подруливающих устройств, автоматизации ЭУ, автоматической системы с компьютером для предупреждения столкновений, использование для управления судами космических спутников и других мероприятий, предусматриваемых при проектировании, повышает надежность, маневренность судов и безопасность плавания.

Об утилизации отходов. Инженер Камчатского морского пароходства В. П. Турищев выражает беспокойство по поводу загрязнения окружающей среды различными отходами, возникающими при эксплуатации судов. Он отмечает, что большая часть этих отходов может быть утилизирована. Устройства для утилизации должны быть простыми и надежными, не требующими специальной квалификации обслуживающего персонала. Так, В.П. Турищев предлагает снабдить судовые котлы приставками для сжигания промасленной ветоши, макулатуры и т. п. горючих отходов, провести с жилой палубы мусоропроводы к котлам; возле металлообрабатывающих станков разместить ёмкости для сбора стружек; установить пресс для расплющивания консервных банок. Кроме того, рекомендуется повести более решительную борьбу с протечками трубопроводов с целью уменьшения объема льяльных вод. Необходимо улучшить систему сигнализации о превышении допустимых уровней в цистернах масла, топлива, пресной воды, организовать автоматический сбор и очистку льяльной воды, которая должна пропускаться через сепараторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смайлис В.Н. Малотоксичные дизели. Л., «Машиностроение», 1972.
2. Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. М., «Прогресс», 1973.
3. Brogan Iohn I., Thur George M. Advanced automotive power systems development program. Washington, D.C. 1972, p. 806 — 824.
4. Нельсин-Смит А. Загрязнение моря нефтью. Л, Гидрометеоиздат, 1973.
5. Смирнов О.Р., Юдицкий Ф.Л. Надежность судовых энергетических установок. Л., «Судостроение», 1974.
6. Глазов С.Ф., Логачев С.И. Эффективность конструктивной защиты танкеров от аварийного выливания нефти. – Труды ЦНИИМФ, 1973, вып. 170.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОРСКОГО ФЛОТА

Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета
«Одесская морская академия»
(Украина)

Технический прогресс дал сильный толчок для развития морского флота, как самого эффективного и экономичного вида транспорта, и в тоже самое время это развитие повлекло за собой целый ряд проблем. В XX веке технический прогресс привёл к увеличению численности морского флота, размеров судов, мощности судовых энергетических установок и потреблению топлива. Исторически сложилось так, что судоходство, с момента рождения парового двигателя, никогда не было лучшим другом окружающей среды. С начала XX века суда транспортного и корабли военного флотов перешли на использование тяжелого, самого грязного топлива, и отказались от угля. С тех пор морской торговый и военные флоты не ограничивались четкими правилами своей деятельности в мировом океане, в отношении экологической безопасности и до недавнего не подвергались жёстким требованиям в области охраны окружающей среды. Первым международным документом по предотвращению загрязнения моря нефтью, который был принят в 1954г. в Лондоне, и который вступил в силу 26 июля 1958г. с последующими поправками, был МАРПОЛ – 73/78.

По этой причине флаг принадлежности судна чаще всего не совпадает со страной судовладельца и, тем более, с национальностью членов экипажа. В связи с этим иногда непонятно кому предъявлять претензии. Из-за того, что большую часть судов торгового флота нельзя причислить к какому-либо государству, по этой причине морскую транспортную отрасль не включили в Парижское соглашение 2015, регулирующее меры по снижению углекислого газа в атмосфере. Решением этой проблемы занимаются многие научные организации, чтобы сократить выбросы ядовитых веществ. Надо учитывать тот факт, что в тяжёлом топливе 3,5% серы. В результате топливно-энергетических кризисов, периодически охватывающих многие страны, судовладельцы для повышения экономичности стали использовать остаточные тяжелые высоковязкие топлива, имеющие низкие цены.

Такая обстановка делает гражданский флот одним из самых “грязных” в мире, так как на его долю приходится 13% всех выбросов в окружающую среду. В настоящее время, когда ООН и защитники окружающей среды во всём мире бьют тревогу, а те страны, которые подписали Парижское соглашение, не выполняют графики своевременного сокращения выбросов, движение за “чистые” пароходы и теплоходы постепенно наращивает требования. Последние три года это движение существенно влияет на отрасль, начиная от конструкции новых строящихся судов и заканчивая работами по созданию новых типов топлив.

Лучше поздно, чем никогда, - отметил заместитель генерального секретаря Binco, Ларс Роберт Педерсен. Морская транспортная, промысловая отрасли начали приводить в порядок всё, к чему имели отношение их отрасли.

Уже начиная с января 2020 года приблизительно 60 000 судов гражданского флота должны сократить выбросы двуокиси (SO_2) и трёхокиси (SO_3) серы. В зависимости от условий и показателей работы дизеля, таких как: коэффициент избытка воздуха, значения температур и давлений, некоторая часть этих газов преобразуется в сернистую кислоту (раствор SO_2 в воде) и серную кислоту – $H_2 SO_4$. Использование высокосернистых топлив приводит к коррозионным повреждениям узлов и деталей судовых дизельных установок. В большинстве индустриально развитых стран использование в стационарных

теплоэнергетических установках высокосернистых топлив запрещено в соответствии с законами об охране окружающей среды. В некоторых районах работы морских судов, в которых осуществляют контроль за содержанием серы и NO_x в выпускных газах в соответствие с местными региональными и национальными требованиями, появилась необходимость в использовании топлив с пониженным содержанием серы, т.е. к переходу на малосернистые сорта топлив. На сегодняшний день эти меры уже стали малоэффективными, так как соединения серы являются естественными компонентами сырой нефти и всегда будут присутствовать в тяжёлом топливе в различных соотношениях.

Сера и её высокомолекулярные соединения концентрируются, в основном, в остаточных фракциях глубокой переработки нефти. В связи с ростом цен на нефть нефтеперерабатывающие предприятия совершенствуют технологию переработки нефти, в связи с чем количество остаточных фракций снижается, а содержание серы и её соединений в них увеличивается.

По этой причине, чем выше плотность топлива, тем больше в нём содержание серы (рис. 1).

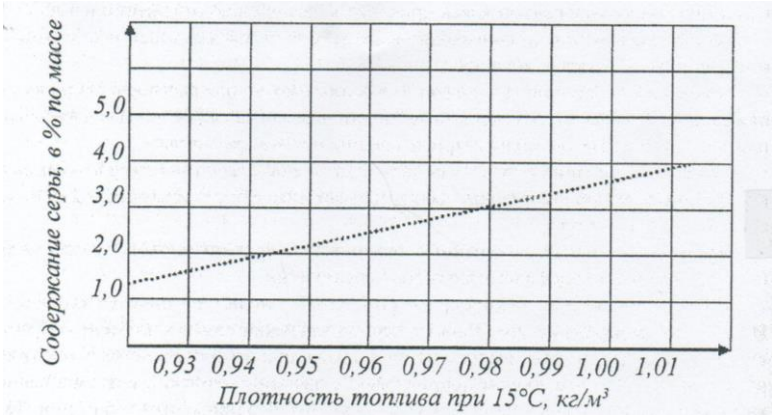


Рисунок 1 – Зависимость содержания серы в морских сортах тяжёлого топлива от значений их плотности

Маловязкие судовые сорта остаточных топлив содержат минимальное количество серы, так как они производятся по технологии смешивания низко кипящих остаточных фракций переработки нефти с дистиллятами. А так как кислоты, в остаточных сортах топлива, образуются при температурах ниже точки росы, то в диапазонах температур около 50°С образуется серная кислота. При воздействии кислоты появляется коррозия в низкотемпературных зонах цилиндров двигателей и котлов, которая получила название «низкотемпературной коррозии».

Любые коррозионные повреждения робочих поверхностей приводят к нарушению сгорания топлива с вытекающими экологическими последствиями. Для успешной борьбы с коррозионными проблемами используют смазочные масла с высоким содержанием щёлочи, которые нейтрализуют коррозионно-активные сернистые соединения, образующиеся в процессе сгорания. Нейтрализующая способность масел характеризуется «Общим щелочным числом» (ОЧЩ) или в мировой практике «Total Base Number»-TBN. Чем выше ОЧЩ (TBN), тем выше нейтрализующая способность. Негативные последствия, которые возникают в процессе сжигания высокосернистых топлив, можно свести к минимуму при условии поддержания соответствующих тепловых режимов во время работы дизелей и применением смазочных масел, содержащих оптимальное количество щелочных присадок.

В процессе сгорания, не менее важным будет являться соотношение количества ванадия и серы, содержащихся в остаточном топливе. В процессе сгорания топлива образуется пятиокись ванадия (V_2O_5), которая действует как катализатор и способствует

образованию SO_3 (с последующим переходом в H_2SO_4), в результате будет происходить увеличение температуры точки росы.

Во время выбора масла и подбора дозы во время работы двигателя надо исходить из значения его ОЧЩ (TBN) и количества серы, находящейся в топливе, а также выполнять рекомендации завода-изготовителя дизеля. Надо учесть тот факт, что избыток моющих присадок в масле, если они не расходуются при малом содержании серы в топливе, основу которых составляет кальций (Ca), аккумулируется в виде твёрдых отложений на головках поршней и канавках поршневых колец. Такие отложения приводят к соскабливанию масляной плёнки с зеркала втулки, что приводит к контакту металла колец с металлом втулки и «залеганию» поршневых колец в канавках, в результате повышается интенсивность износов и повреждений ЦПГ дизелей из-за сухого трения.

Изготовители двигателей и производители масел рекомендуют:

- снижение расхода цилиндрового масла в случае высоких значений TBN в масле и низких значениях серы в топливе;
- увеличение расхода цилиндрового масла при низких значениях TBN в масле и высоких значениях серы в топливе.

На Рис. 2 представлены рекомендации фирмы MAN-B&W, которые показывают удельную дозировку подачи цилиндрового масла в зависимости от содержания серы в топливе и значения TBN масла. В мировой практике основным маслом является масло имеющее TBN=70 т.е. TBN 70.

На основании принятых ограничений по содержанию серы в топливе Международными Соглашениями, Региональными и Национальными Правилами принят ряд ограничений по содержанию серы для судовых (корабельных) топлив, что привело к использованию цилиндровых масел, как с низким, так и с высоким содержанием TBN.

В отдельных районах, особенно в близости территориальных вод многих государств, работа морских судов подвергается контролю за содержанием серы и NO_x в выпускных газах согласно местным, региональным и национальным требованиям. Это вызывает необходимость использования топлив с пониженным содержанием серы.

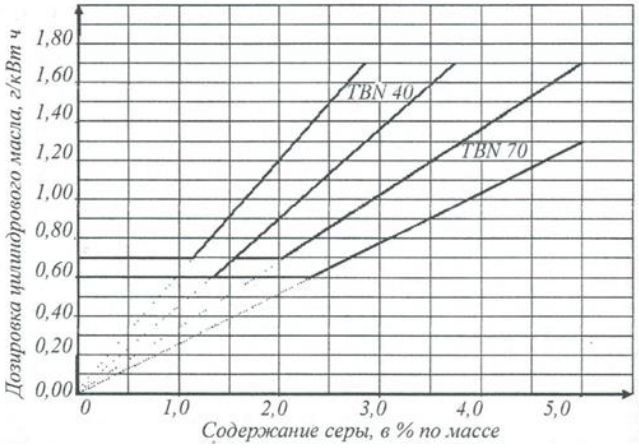


Рисунок 2 – Оптимальная удельная дозировка подачи цилиндрового масла в зависимости от содержания серы в топливе и ОЩЧ (TBN)

В таких случаях фирма MAN-B&W рекомендует поддерживать дозировку цилиндровых масел с разным щелочным, моющим числом (TBN). Все эти эксплуатационные сложности приводят к износу трущихся деталей двигателя и загрязняют окружающую среду.

Одним из серьёзных вредных элементов, находящихся в топливах, является ванадий, особенно высокое содержание которого находится в нефти Венесуэльских месторождений. Проблемы, создаваемые совместным большим содержанием серы и ванадия, могут быть

устранены, в значительной мере, в современных двигателях более подходящей, удачной конструкции, а также за счет более эффективной обработки топлива и выбором оптимальных режимов работы двигателя.

Судовладельцы ожидают увеличения стоимости на 25-40% в связи с более высокой себестоимостью производства топлива, а также создания и организации новых точек дистрибуции. Между тем, среднестатистическая стоимость бункеровки топливом в этом году составила 440 долларов за метрическую тонну.

Судовладельцы, конечно же, выразили обеспокоенность такими финансовыми расходами. Но ещё больше их пугает вероятность того, что спрос на новое "чистое" топливо превысит предложение, и суда будут просто-напросто простаивать в доках на якорных стоянках. Кроме того, неизвестно, хорошо ли судовые двигатели будут работать на малосернистом топливе. Мировые операторы даже обратились в IMO с просьбой отсрочить свою директиву. Особенно активно выступала Греция, как страна-держатель более 20% мирового торгового флота. Даже Белый дом выразил обеспокоенность тем, как сильно требование о сокращении выбросов повлияет на рынок нефти и нефтепродуктов, из которых изготавливается судовое топливо.

Итак, борьба за окружающую среду диктует всё более жесткие условия морскому бизнесу. Уже на этапе проектирования новостроя, корабелы вносят в конструкцию корпуса соответствующие изменения, а также в создание гибридных силовых установок.

Для того, чтобы судоходство массово сократило объём вредных выбросов, потребуются беспрецедентные инновации, - заявил Сорен Тофт, исполнительный вице-президент Maersk, крупнейшего в мире оператора контейнерных перевозок с флотом около 700 судов. – Современный пароход – очень капиталоемкий актив, и флот с нулевым уровнем выбросов появится не раньше 2030 года.

Компания Maersk заявила, что полностью углеродно-нейтральный флот появится у них к 2050 году. В это время французская компания CMA CGM разместила заказ на мегасуда, среди которых и те, что работают на LNG.

Что касается грузоотправителей, некоторые из них уже жалуются на то, что до сих пор неизвестно, как требования ИМО отразятся на условиях фрахта. Их обеспокоенность разделяет и Джорджи Эспин, представитель Европейского совета грузоотправителей, представляющего 75000 грузовладельцев в ЕС. Он отметил, что из-за расходов на модернизацию флота тарифы уже начали повышаться, но весь процесс ценообразования лишен какой-либо прозрачности.

Большая часть дебатов о том, как оптимальнее соблюсти требование IMO о сокращении выбросов, сосредоточена вокруг скрабберов - устройств для очистки выхлопных газов судна. Некоторые судовладельцы уже укомплектовали свой флот скрабберами, которые позволят и дальше закупать тяжелое судовое топливо.

Эти устройства стоят от 3 до 10 миллионов долларов. Стоимость недешевая, но перевозчики полагают, что она окупится примерно за два года. Однако не всё так однозначно. Критики скрабберов утверждают, что устройство лишь маскирует выбросы оксидов серы, как невредные для окружающей среды.

Сейчас вовсю дискутируют о скрабберах, хотя нужно отметить, что около 90% мирового флота отдаёт предпочтение топливу с низким содержанием серы, - прокомментировал Рольф Хаббен Янсен, исполнительный директор Hapang-Lloyd (Германия), которая планирует установить скрабберы только на 10 из 227 своих судов.

Пошаговый план по сокращению выбросов серы – это долгожданный шаг в более экологичное будущее. Между тем, тяжелая промышленность также согласилась сократить свои выбросы парниковых газов к 2050 году, что обойдётся им в гораздо большую сумму.

Принцип работы скраббера (рис. 3):

1. Выхлопы из двигателя попадают в скраббер.

2. Морская вода или вода с повышенной щелочностью закачивается в скраббер. Она растворяет оксиды серы и удаляет остальные вредные выбросы.

3.Обработанные выхлопы выбрасываются в воздух.

4.Отработанная вода стекает со дна скраббера и выбрасывается в море, в зависимости от конструкции устройства.

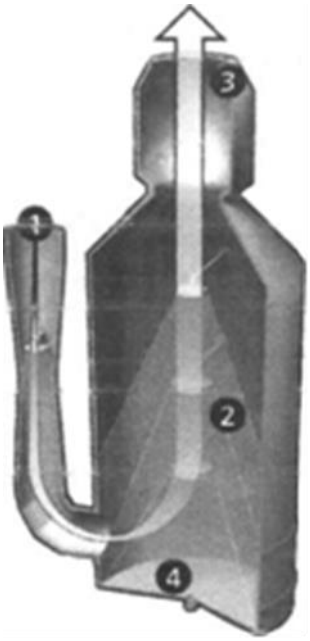


Рисунок 3 – Скраббер

ЛИТЕРАТУРА

1. Смайлис В.Н. Малотоксичные дизели. Л., «Машиностроение», 1972.
2. Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. М., «Прогресс», 1973.
3. Brogan Iohn I., Thur George M. Advanced automotive power systems development program. Washington, D.C. 1972, p. 806 - 824.
4. Нельсин-Смит А. Загрязнение моря нефтью. Л, Гидрометеоиздат, 1973.
5. Смирнов О.Р., Юдицкий Ф.Л. Надежность судовых энергетических установок. Л., «Судостроение», 1974.
6. Глазов С.Ф., Логачев С.И. Эффективность конструктивной защиты танкеров от аварийного выливания нефти. - Труды ЦНИИМФ, 1973, вып. 170.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ УТИЛИЗАЦИОННОГО КОТЛА

Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Волин С.В.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета
«Одесская морская академия»
(Украина)

Известно, что одним из путей повышения топливной экономичности тепловых двигателей, как ДВС, так и ГТУ, работающих на органическом топливе, является глубокая утилизация теплоты отработавших продуктов сгорания. С этой целью в газоходе теплового двигателя устанавливают низкотемпературные поверхности теплообмена, например газовый воздухоподогреватель, утилизационный котёл. Температура поверхности в таких теплообменных аппаратах будет находиться в пределах 120° С, а в некоторых разработках при более глубокой утилизации теплоты температура поверхности нагрева может быть ~ 40°С.

Процесс работы в этом диапазоне температур будет сопровождаться, во- первых, интенсивной коррозией, а во - вторых, заносом поверхности нагрева сажистыми частицами, оседающими из потока газа. При уменьшении температуры поверхности происходит интенсивный рост отложений, который значительно снижает коэффициент использования низкотемпературной поверхности, увеличивает температуру отработавших газов, повышает аэродинамическое сопротивление газового тракта.

Необходимо учитывать последствия образования в процессе отложений при проектировании коэффициента теплового использования поверхности нагрева (КТИПН), однако в технической литературе нет рекомендаций по выбору численного значения этого коэффициента для температур стенки менее 100- 120°С.

Для расчёта изменения КТИПН необходимо знать толщину образующихся отложений и их коэффициент теплопроводности λ. Отложения на поверхности нагрева являются пористой средой.

Учитывая то, что анализ методов расчёта теплопроводности пористых сред показал, что теплопроводность отложений зависит от размера частиц λ_T, теплопроводности веществ частиц К, пористости укладки ε, теплопроводности среды, заполняющей поры, $\lambda_{ж}$, г и её количества $M_{ж}$,г температуры отложений T.

Размеры частиц r несгоревшего топлива колеблются в широком диапазоне: от 0,01 мкм до десятков микрон. Дисперсный состав D_r. описывается различными уравнениями (Розина – Раммлера, нормально - логарифмическим и т. д.).

В соответствии с опытными данными, в составе отложений на низкотемпературных поверхностях в котлах содержится значительное количество конденсата паров серной кислоты. Конденсация паров кислоты и воды происходит, если температура стенки теплообменной поверхности не превышает температуры насыщения паров (точки росы), а при наличии микрокапилляров в отложениях – и при более высоких температурах. Количество конденсата, образовавшегося в отложениях, зависит от их температуры, парциального давления пара $P_П$ в продуктах сгорания и кривизны поверхности конденсата в капилляре ρi.

Коэффициент теплопроводности отложений в общем случае является сложной функцией следующих параметров:

$$\lambda_{отл} = f(r, D_r, \lambda_т, \varepsilon, \lambda_ж, \lambda_г, M_ж, M_г, T, P_П, \rho i).$$

$$\lambda = kaC_p,$$

Численный анализ методов расчёта теплопроводности пористых систем показал, что ни один из них не может быть применён для определения теплопроводности сажистых отложений, ввиду противоречивости получаемых результатов и несовершенства физической модели. Экспериментальных данных по теплопроводности низкотемпературных отложений в технической литературе не имеется.

$$\lambda_{отл} = f(r, D_r, \lambda_т, \varepsilon, \lambda_ж, M_ж, T).$$

А в случае если все поры в отложениях заполнены конденсатом, то для получения данных о теплопроводности сажистых отложений были выполнены лабораторные эксперименты по измерению теплопроводности сажистой пористой системы, имитирующей отложения. Для этого использовалась сажа (ГОСТ 7885 - 68) с известным дисперсным составом: минимальный размер частиц составил 1-1,5 мкм, максимальный - около 80 мкм, модальный - 15 мкм.

В случае, если в капиллярах не происходит конденсации пара (сухие отложения), то

$$\lambda_{отл} = f(r, D_r, \lambda_т, \varepsilon, \lambda_г, T,).$$

В данном случае, коэффициент теплопроводности можно определить методом регулярного режима. В качестве греющей среды использовались кипящая вода и масло. Акалориметр цилиндрической формы был выполнен из меди; его размеры: длина - 80, наружный диаметр - 27, толщина стенки - 1 мм. Большое значение критерия Био обеспечивалось интенсивным перемешиванием греющей жидкости. Разность температур акалориметра и греющей среды фиксировалась дифференциальной термопарой, её показания регистрировались с интервалом 10 с.

Коэффициент теплопроводности λ вычислялся по формуле

$$\lambda = k\alpha C_p,$$

где k - коэффициент формы акалориметра; ρ - плотность засыпки; С - теплоёмкость засыпки; a - темп нагрева.

Теплоёмкость засыпки можно определить как для смеси соответствующих компонентов (сажи, воды, серной кислоты), для которых значения С известны.

Учитывая то, что в состав отложений входит конденсат серной кислоты и воды, были проведены измерения теплопроводности смеси сажи с водой и кислотой для различного содержания воды и кислоты в саже. В смеси сажи с серной кислотой использовалась 40- и 75- процентная кислота, что соответствовало равновесным концентрациям серной кислоты для 20 и 80°С.

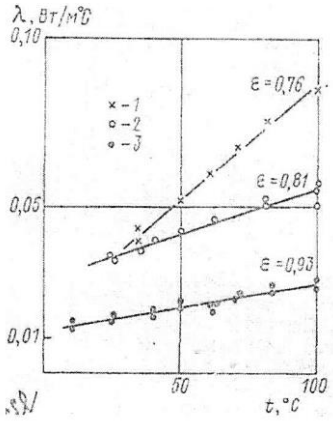


Рисунок 1 – Зависимость теплопроводности неувлажненной сажи от температуры для различной пористости: 1 - е = 0,76; 2 - е = 0,81; 3 - е = 0,93

Составление смесей с малым содержанием жидких компонентов осуществлялось выпариванием смеси с излишками жидкости, так как выполнить гомогенное перемешивание сажи и жидкости удавалось только при соотношении масс сажи и жидкостей не ниже 1: 2.

На рис. 1 представлены результаты измерения зависимости теплопроводности неувлажнённой сажи от температуры при различных пористостях.

Перед формированием засыпки сажу необходимо нагревать до 150°С, чтобы она вакуумировалась для полного удаления влаги из пор.

Пористость ε = 0,93 соответствует свободной засыпке сажи в акалориметр, а ε = 0,76 - уплотнение давлением поршня, ε = 0,81 - уплотнение обстукиванием. Зависимость теплопроводности от температуры практически линейная в диапазоне температур от +10 до +120°С.

На рис. 2 представлены зависимости теплопроводности неувлажненной сажи от пористости при температурах +50 и +70°С. С увеличением пористости теплопроводность сажи падает, приближаясь к теплопроводности воздуха, зависимость от пористости практически линейная.

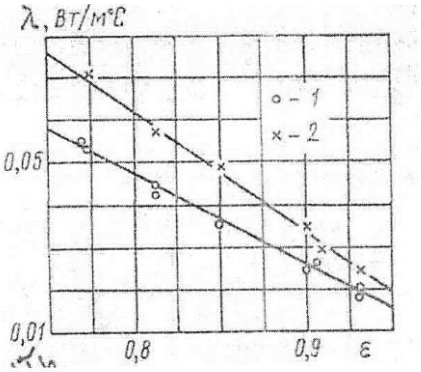


Рисунок 2 – Зависимость теплопроводности неувлажненной сажи от пористости

На рис. 3 показаны зависимости теплопроводности смеси сажи с водой от температуры. В данном случае видно, что при малых количествах воды в саже теплопроводность смеси ниже теплопроводности воды, но с увеличением содержания воды теплопроводность системы может быть выше, чем у воды.

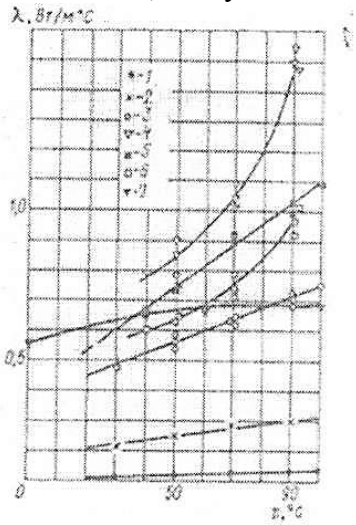


Рисунок 3 – Экспериментальные зависимости теплопроводности сажи с водой от температуры: 1, 2, 3, 4, 5, 6 - на 100 г сажи воды соответственно 2, 10, 25, 50, 100, 150 г; 7- теплопроводность чистой воды

При дальнейшем росте доли воды, теплопроводность смеси будет асимптотически приближаться к теплопроводности воды. Вид зависимости теплопроводности смеси сажа - вода от содержания воды дан на рис. 4. Штриховой линией показано значение коэффициента λ для воды при температуре +50 °С. Теплопроводность смеси может быть выше, чем у воды. Это объясняется тем, что при некоторых соотношениях компонентов теплопроводность определяется капиллярной конвекцией воды в порах сажи. Такая же картина наблюдалась и при измерениях теплопроводности смеси сажи с кислотой, результаты которых представлены на рис. 5.

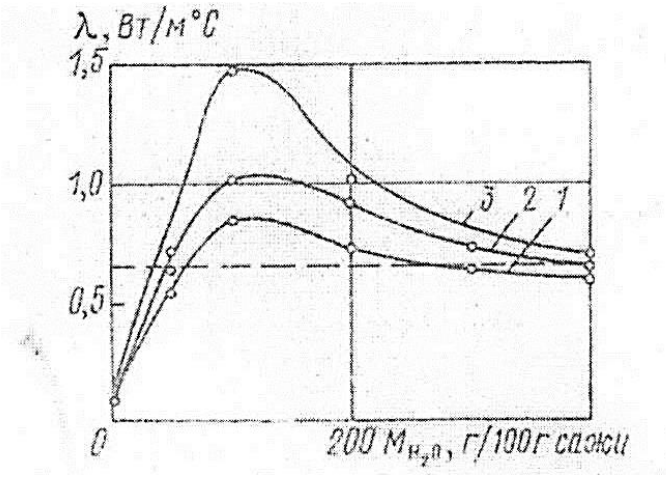


Рисунок 4 – Зависимость теплопроводности сажи с водой от содержания воды в смеси: 1, 2, 3 - при температурах +50, +70 и + 90°С соответственно

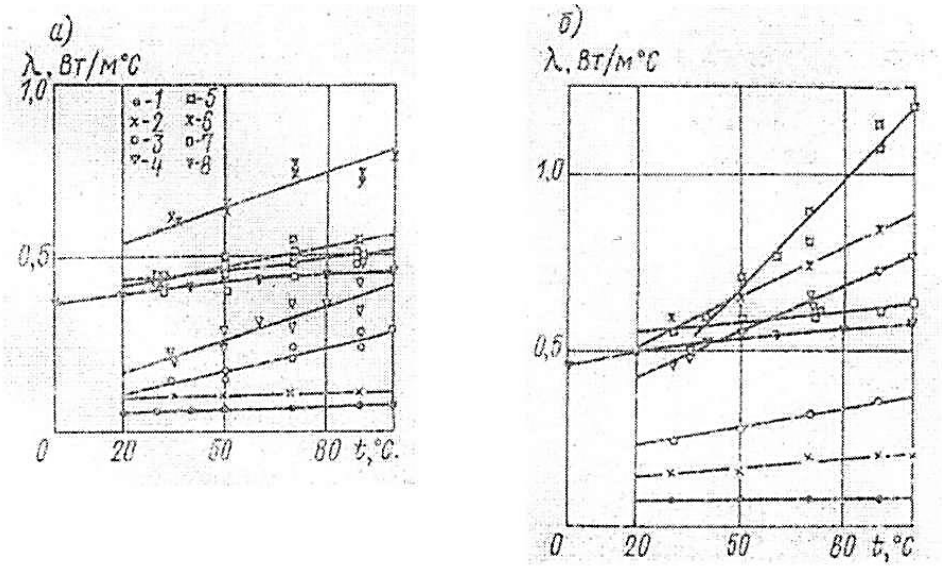


Рисунок 5 – Зависимость теплопроводности сажи, увлажнённой серной кислотой 75% (я) и (б) концентраций, при различных содержаниях кислоты в 100 г сажи: 1 - 5 г; 2 - 25 г; 3- 50 г; 4 - 100 г; 5 - 200 г; 6 - 300 г; 7 - 400 г; 8- теплопроводность кислоты

Зависимость теплопроводности сажи с кислотой от содержания кислоты показана на рис. 6 и она аналогична зависимости на рис. 4 (горизонтальной линией показано значение коэффициента теплопроводности 40 – процентной серной кислоты при температуре +70°С).

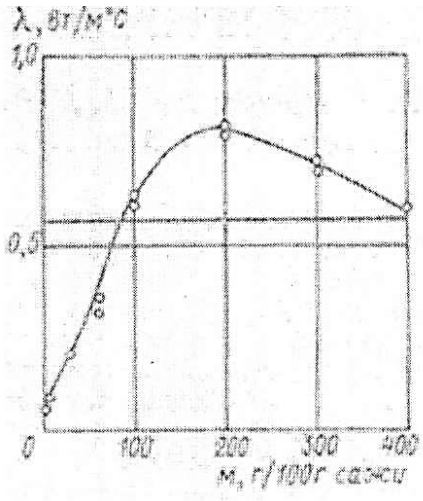


Рисунок 6 – Зависимость теплопроводности сажи, увлажнённой 40%-ной серной кислотой при температуре +70 °С, от массового содержания кислоты

Полученные экспериментальное данные показывают, что теплопроводность отложений существенно зависит от температуры, пористости и состава отложений. С ростом температуры коэффициент теплопроводности растет. Увлажнение сажистых отложений существенно увеличивает их теплопроводность.

В заключение необходимо отметить следующее:

- получены зависимости коэффициента теплопроводности отложений на низкотемпературной поверхности утилизационного котла от пористости, температуры и состава увлажняющих компонентов — воды и серной кислоты различной концентрации;

- полученные результаты могут служить справочным материалом для определения термического сопротивления отложений при оценке эффективности поверхности нагрева и ее изменения в условиях эксплуатации при глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елистратов Ф.М. Проблемы глубокой утилизации тепла в судовых дизельных ЭУ. – Судостроение, 1983, № 10.

2. The Mother Ship, 1978, III, vo1. 58, N 692, p. 109-116. Bullitin of Marine Engineering Society of Japan, 1982, X, N 3, p. 58 – 60.

3. Селиверстов В.М. Утилизация тепла в судовых дизельных установках. Л., Судостроение, 1973.

4. Прасолов Р.С. Массо – и теплоперенос в топочных устройствах. М. – Д., Энергия, 1967.

5. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Л., Энергия, 1974.

6. Кауфман Б.Н. Теплопроводность строительных материалов. М., Гос. Изд-во по строительству и архитектуре, 1955.

7. Справочник химика. Т. 2, М., Энергия, 1976.

8. Термодинамические свойства индивидуальных веществ (в IV томах), т. II., М., Наука, 1979.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМ БЕЗКОНТАКТНИМ ГЕНЕРАТОРОМ ЗМІННОГО СТРУМУ

Єнчев С.В., Цибульська Т.П.
Національний авіаційний університет
(Україна)

Наразі практично все бортове обладнання літальних апаратів (ЛА) в тій чи іншій мірі споживає електроенергію. У той самий час, з розвитком авіаційно-космічної техніки, зростає кількість систем, які споживають лише електричну енергію. У зв'язку з цим постійно підвищуються вимоги до надійності електропостачання ЛА електроенергією постійного та змінного струму високої якості.

До систем регулювання частоти авіаційних генераторів, що використовуються в якості первинних джерел живлення і в складі електромашинних перетворювачів, пред'являються високі вимоги до стійкості й якості процесів регулювання. Широке поширення отримали регулятори частоти, в яких в якості вимірювальних та виконавчих органів використовуються частотно-залежні пристрої та магнітні або напівпровідникові підсилювачі. Однак такі регулятори мають недоліки, серед яких велика маса та габаритні розміри, складна технологія збірки, труднощі мініатюризації, велика споживана потужність. Крім того, для таких регуляторів характерні складність налаштувань резонансних контурів і наявність інерційних елементів, що збільшують час перехідних процесів.

Подальший розвиток систем регулювання частоти авіаційних генераторів пов'язаний з використанням цифрових методів керування, що реалізуються за допомогою мікроЕОМ і мікропроцесорів, застосуванням систем регулювання з елементами штучного інтелекту (ШІ). Перевагами таких систем є можливість керування процесами, які є занадто складними для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів, здатність навчатися на основі співвідношень «Вхід - вихід», тобто можливість забезпечити більш прості рішення для складних завдань керування. Використання систем регулювання на основі нечіткої логіки і нейронної мережі дозволяє поліпшити динаміку процесів регулювання частоти, зменшити час перехідних процесів, зменшити провали і викиди частоти при раптовому включенні навантаження.

Типова структура системи автоматичного регулювання з регулятором на основі нейронної мережі приведена на рис. 1.

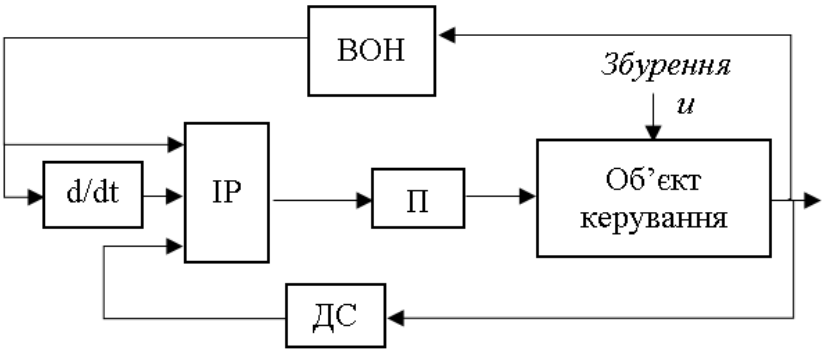


Рисунок 1 – Нейромережева система автоматичного регулювання: ВОН – вимірювальний орган напруги, ДС - датчик струму, П - підсилювач, d/dt - диференціатор, ІР – інтелектуальний регулятор (штучна нейронна мережа)

Більш широке застосування систем регулювання частоти вихідної напруги безконтактних генераторів змінного струму (БГЗС) з елементами штучного інтелекту обмежене відсутністю математичних моделей для аналізу процесів регулювання частоти в

статичних і динамічних режимах роботи, а також відсутністю експериментальних досліджень систем регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з елементами ШІ. Для розробки зазначених систем регулювання необхідні методи оптимізації параметрів регулятора частоти, що дозволяють знайти значення параметрів систем регулювання частоти на основі нечіткої логіки і нейронної мережі, при яких забезпечуються найкращі показники якості процесів регулювання частоти. Тому розробка математичних моделей і аналіз систем регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з елементами штучного інтелекту, які забезпечують підвищення якості електричної енергії, і розробка нових технічних рішень по створенню систем регулювання частоти з елементами штучного інтелекту є актуальною науковою задачею.

Під штучним інтелектом будемо розуміти «програми для ЕОМ за допомогою яких машина отримує здатність вирішувати нетривіальні задачі та ставити нетривіальні питання». В основі ШІ лежать п’ять основоположних парадигм: нечітка логіка, нейронні мережі, штучні імунні системи, генетичні алгоритми та ройовий інтелект. Ці парадигми можуть об’єднуватися з метою отримання гібридних систем (наприклад, нейронечіткі системи, нейро-генетичні системи тощо), які об’єднують у собі сильні сторони й усувають недоліки окремих парадигм ШІ.

Засоби штучного інтелекту, їх класифікація та порівняння наведені на рис. 2.

	Нейронні мережі	Продукційні	Еволюційні (генетичні)	Об'єктно-орієнтовані	Логічні	Об'єктно-логічні
Переваги	1. Багатофак-торне застосування. 2. Висока швидкодія. 3. Здатність до навчання	1. Можливість представлення дескриптивно-конструктив-них знань і рефлексії. 2. Природність правил „якщо-то”	Висока ступінь розпа-ралелення (швидкодія)	1. Структуро-ваність 2. Висока швидкодія механізмів наслідування властивостей, замовчування тощо.	1. Висока виразність 2. Коректність 3. Висока складність вирішуваних офлайн-задач	Поєднання переваг об'єктно-орієнтованих і логічних
Недоліки	1. Потреба у навчальній виборці. 2. Повільність навчання	1. Складність виконання великих баз правил, недо-статня струк-турованість 2. Складність забезпечення коректності виводів	1. Невідома ступінь ефективності 2. Самоорганізація природної стихії, а не інтелектуальн ий процес	1. Складність програмування 2. Недостатня виразність	1. Недостатня швидкодія 2. Погана сумісність з евристиками і досвідом. 3. Невирішу-ваність богатих логік. 4. Недостатність	1. Недоліки логічних моделей 2. Складність програмування

Рисунок 2 - Порівняльний аналіз засобів штучного інтелекту

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі основні завдання:

1. Визначення шляхів побудови систем регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з елементами штучного інтелекту.

2. Розробка комп'ютерних імітаційних моделей комбінованих систем регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з обертовим випрямлячем і магнітоелектричного генератора, що входить до складу електромашинного перетворювача, з використанням нечіткої логіки і нейронних мереж.

3. Дослідження процесів регулювання частоти вихідної БГЗС з використанням нечіткої логіки і нейронних мереж в статичних і динамічних режимах роботи.

4. Розробка експериментальних зразків комбінованих систем регулювання частоти вихідної напруги магнітоелектричного генератора, що входить до складу електромашинного перетворювача, з використанням нечіткої логіки і нейронних мереж.

Проведення експериментальних досліджень магнітоелектричного генератора, що входить до складу електромашинного перетворювача, з комбінованими системами регулювання напруги з використанням нечіткої логіки і нейронних мереж.

5. Розробка нових технічних рішень систем регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з використанням нечіткої логіки і нейронних мереж.

Практична цінність результатів роботи полягає в тому, що результати, отримані в роботі, дозволять розробляти системи регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з елементами штучного інтелекту, що забезпечать підвищення якості електричної енергії в різних режимах роботи. Використання розроблених комп'ютерних імітаційних моделей систем регулювання частоти вихідної напруги з елементами штучного інтелекту, результатів теоретичних і експериментальних досліджень, а також розроблених методів оптимізації параметрів систем регулювання частоти дозволяє скоротити терміни розробки і налагодження систем регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з елементами ШІ.

Після огляду та аналізу вітчизняних та зарубіжних робіт в області застосування інтелектуальних систем регулювання частоти вихідної напруги синхронних генераторів визначено, що в них, в основному, проводяться тільки експериментальні дослідження з метою виявлення можливості використання інтелектуальних систем в якості автоматичних регуляторів напруги і частоти, причому задіяний тільки канал регулювання по відхиленню. Виявлено відсутність математичних моделей комбінованих систем регулювання частоти вихідної напруги БГЗС з обертовими випрямлячами і магнітоелектричних генераторів в складі електромашинних перетворювачів на основі нечіткої логіки і нейронних мереж, що дозволяє проводити дослідження в статичних і динамічних режимах роботи.

Проведений аналіз інтелектуальних систем регулювання підтвердив актуальність проблеми і дав змогу визначити мету і завдання роботи, вирішення яких дозволить створити комбіновані системи регулювання частоти вихідної напруги генераторів з елементами штучного інтелекту, що підвищують якість електричної енергії.

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень буде розроблено зразок системи регулювання частоти з елементами штучного інтелекту, що дозволить забезпечити поліпшення якості електричної енергії в порівнянні з відомими технічними рішеннями і що представляють собою конкурентоспроможні зразки техніки з поліпшеними показниками. Також, ми розраховуємо, що система регулювання частоти на основі нечіткої логіки дозволить зменшити час регулювання мінімум в 2 рази, а провали частоти - в 1,5 раз.

Перед використанням нейронні мережі повинні бути навчені на навчальній вибірці даних, в даному випадку - по необхідній регулювальній характеристиці генератора. Нейронна мережа після навчання забезпечує високу точність регулювання і на даних, що не використовувалися в процесі навчання. Стримуючими факторами розвитку інтелектуальних систем регулювання генераторами змінного струму є відсутність математичних моделей генераторів з такими системами регулювання. Результати моделювання дозволять виробити вимоги до систем регулювання, визначити вхідні і вихідні параметри інтелектуального регулятора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Salem, M.M. Simple neuro-controller with a modified error function for a synchronous generator. Int. J. of Electrical Power & Energy Systems. 2003. Vol. 25, Issue 9. P. 759–771.

2. Arnalte, S. Fuzzy logic-based voltage control of a synchronous generator. Int. J. of Electrical Eng. Education. 2000. Vol. 37, Issue 4. P. 333–343.

3. Гизатуллин Ф.А., Каримов В.И. Экспериментальные исследования интеллектуальных систем регулирования частоты выходного напряжения синхронного генератора в составе электромашинного преобразователя. Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2.

МОДИФІКОВАНИЙ ЕПОКСИДНИЙ КОМПОЗИТ З ПІДВИЩЕНИМИ АДГЕЗІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Житник В.В., Танська М.В., Пуськова Т.Г., Безбах О.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Маляренко О.Д.
Білоруський національний технічний університет
(Білорусь)

Вступ. Розвиток сучасного транспорту, особливо морського та річкового, потребує застосування нових композитних матеріалів для відновлення деталей та механізмів. У цьому плані значне місце займають епоксидні композити, використання яких дозволяє суттєво збільшити ресурс роботи устаткування.

Постановка задачі. Адгезиви на полімерній основі для захисту засобів транспорту повинні відзначатися підвищеними показниками властивостей, у тому числі й адгезійних. Використання епоксидних матеріалів передбачає застосування дисперсних мікро- і нанонаповнювачів, що дозволяє покращити структуроутворення матеріалів за рахунок формування надмолекулярних структур. Останнє забезпечує суттєве підвищення адгезійних властивостей композитів, що відповідно приводить до збільшення ресурсу деталей транспорту.

Мета роботи – розробити модифікований епоксидний композит з поліпшеними адгезійними властивостями для відновлення засобів транспорту.

Результати досліджень. В основу розробки поставлено задачу підвищення показників адгезійної міцності, зниження залишкових напружень у композиті для відновлення транспортних засобів, які експлуатують в умовах динамічних навантажень, шляхом виконання модифікованого епоксидного композиту з поліпшеними адгезійними характеристиками. Композит містить епоксидну діанову смолу, наповнювач і твердник полетиленполіамін, причому у вигляді наповнювача він містить суміш дисперсних сполук: Ti (70%) + Al_3Ti (15%) + Ti_3AlC_2 (15%) з наступним співвідношенням компонентів, мас.ч.:

- епоксидна діанова смола 100
- твердник 10…12
- суміш дисперсних сполук 0,2…0,4

Як основний компонент для полімерної матриці захисного покриття вибрано низькомолекулярну епоксидну діанову смолу ЕД-20, яка у скловидному стані характеризується поліпшеними адгезійними, фізико-механічними та теплофізичними властивостями. Для зшивання епоксидного зв’язувача використовували твердник холодного тверднення – поліетиленполіамін (ПЕПА). Вміст твердника у матриці визначали на основі оптимального поєднання поліпшених адгезійних властивостей з технологічністю виготовлення композиції.

Експериментально встановлено, що введення суміші дисперсних сполук: Ti (70%) + Al_3Ti (15%) + Ti_3AlC_2 (15%) забезпечує утворення матеріалу, який має адгезійну міцність при відриві 38,5 МПа, а залишкові напруження 1,5 МПа. Введення наповнювача понад 0,4 мас.ч. на 100 мас.ч. ЕД-20 зумовлює зниження тиксотропних характеристик матеріалів внаслідок недостатнього зшивання зв’язувача. Введення наповнювача при концентраціях

до 0,2 мас.ч. знижує міжмолекулярну взаємодію у полімерному зв'язувачі, що погіршує його адгезійні властивості.

Висновки. На основі проведених досліджень розроблено матеріал та режими його формування для відновлення засобів транспорту. Розроблений матеріал відзначається у 1,4 рази кращими адгезійними властивостями порівняно з епоксидною матрицею, причому залишкові напруження майже не відрізняються.

БЕЗКОНТАКТНІ ЗАРЯДНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРНИХ ПОРОМІВ

Жук О.К., Дзисюк Я.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)

Анотація: розглянуто принципи підвищення енергоефективності і стабілізації режиму безконтактної зарядної системи для акумуляторних морських суден при зміні умов індуктивного зв'язку.

Вступ. При перевезеннях на суднах з короткими маршрутами (наприклад, на поромах або портових буксирах) використання чисто електричних рухових установок з удосконаленими літій-іонними батареями високої ємності може забезпечити роботу з нульовим рівнем викидів за умови підзарядки до достатнього рівня енергії на кожній стоянці. Для поромів час стоянки, протягом якого здійснюється підзарядка, може становити всього 4-5 хв. [1].

Досвід експлуатації штекерних контактних стикувальних вузлів для зарядки акумуляторів, які застосовуються на електричних поромах або гібридних буксирах свідчить про їх недостатню надійність і невідповідність вимогам електробезпеки в умовах засоленості, опадів і обмерзання [2]. Крім того, морські системи зарядки потребують швидкого автоматичного підключення і відключення. З огляду на зазначені обставини мотивація використання індуктивної безконтактної передачі енергії для суднових систем зарядки акумуляторів є настільки ж великою, як і для подібних систем для електромобілів.

Індуктивні зарядні системи (ІЗС) можуть забезпечити негайну передачу енергії на судно, від моменту швартування і до того моменту, коли воно починає наступний рейс. Проте, впровадження технології індуктивної зарядки в морському секторі вимагає вирішення деяких конкретних проблем [3, 4, 5, 6]:

1. На відміну від електромобілів, електробусів або трамваїв, для суден потрібен значно вищий рівень енергії і потужності, що передаються, тому морський індуктивний зарядний пристрій повинен мати номінальну потужність порядку кількох одиниць мегават.

2. Судно під час зарядки може переміщуватися по відношенню до нерухомої берегової частини зарядної системи через комбіновану дію вітру, хвиль і зміну осадки у процесі завантаження і вивантаження. Це означає, що ефективність такої системи повинна бути незалежною від зсуву і зміни взаємного розташування елементів індуктивного зв'язку (котушок), а також довжини повітряного зазору між ними.

Метою даної роботи є аналіз напрямів удосконалення сучасних індуктивних зарядних систем для акумуляторних морських суден шляхом пошуку принципів забезпечення стабілізації переданої потужності (зарядного струму) і інваріантності показників енергоефективності зазначених систем до зміни умов індуктивного зв'язку.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- огляд та аналіз напрямів розвитку (механічна конструкція, схемотехнічні рішення та методи керування) сучасних морських ІЗС;
- аналіз основних залежностей зарядного струму і необхідної встановленої потужності інверторного перетворювача ІЗС від коефіцієнта зв'язку;
- розробка рекомендацій щодо можливих принципів компенсації впливу зміни коефіцієнта зв'язку на режим ІЗС.

Конструкція, схемотехніка та методи керування ІЗС.

До останнього часу у морських зарядних системах використовувались механічні контактні стикувальні вузли. Але на першому в світі норвезькому акумуляторному автомобільному поромі MF Ampere, побудованому у 2014 р., мали місце аварії, пов'язані з

відмовою гравітаційного штекера. Щоб уникнути проблем і обмежень, пов'язаних з механічними контактними вузлами, норвезька суднобудівна промисловість розробляє технологію бездротової безконтактної індуктивної передачі енергії на судно, принцип якої показано на рисунку 1 [7].

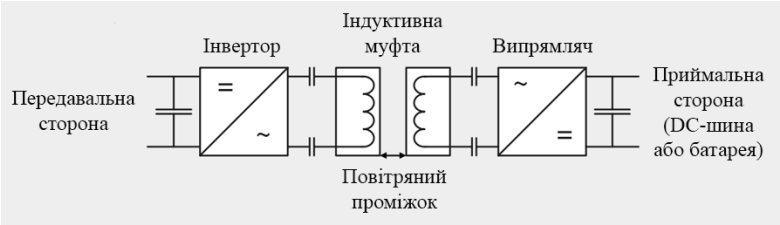


Рисунок 1 – Структурна схема індуктивної зарядної системи

Така система містить береговий та судновий компоненти, які не потребують гальванічного контакту. Технологія працює за рахунок досить близького розміщення двох індуктивних котушок, які утворюють т. з. індуктивну або магнітну муфту, через яку здійснюється безконтактна передача енергії через змінне магнітне поле.

У 2017 р. вперше в світі компанією Wärtsilä Marine Solutions вироблено, змонтовано і випробувано індуктивний зарядний пристрій на гібридному поромі MF Folgefonn. Реалізований пристрій забезпечує потужність передачі енергії до 2,5 МВт з ККД не менше 95% в умовах зміни повітряного проміжку між 15 і 50 см. Берегові та бортові частини пристрою зазвичай використовують напругу 690 В на змінному струмі. Також існує можливість підключення до розподільчих шин постійного струму. Щільність потужності, переданої через індуктивну муфту, складає 500 кВт/м2 на робочій частоті в діапазоні 2 – 8 кГц. На вибір діапазону робочих частот впливає переважне використання у береговому інверторі ІЗС порівняно дешевих і доступних стандартних мостових IGBT-модулів. З урахуванням значних очікуваних відносних зміщень котушок муфти у напрямі вгору – вниз для зменшення відносної зміни зони перекриття і коефіцієнта зв'язку між ними використовується їх конструкція, подовжена у вертикалі.

Аналіз основних енергетичних показників ІЗС.

На рисунку 2 наведена топологія ІЗС з серієсно-серієсною (SS) ємнісною компенсацією реактивної потужності, а на рисунку 3 – еквівалентна розрахункова схема цієї системи.

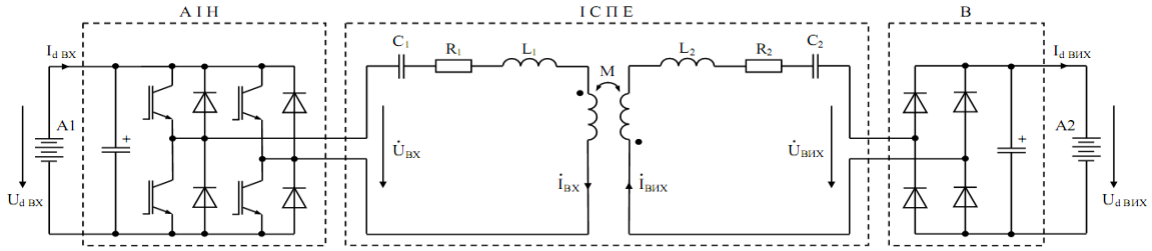


Рисунок 2 – Топологія типової ІЗС

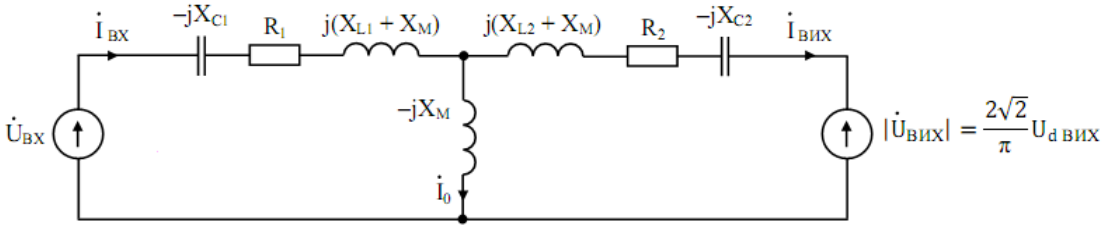


Рисунок 3 – Еквівалентна розрахункова схема ІЗС

Прийняті позначення: R_1, L_1; R_2, L_2 – активні опори та індуктивності розсіювання передавальної і приймальної котушок; M – взаємна індуктивність котушок; C_1, C_2 – компенсаційні ємності. Обидва контури (вхідний і вихідний) налаштовані на однакову резонансну частоту:

$$\omega_0 = \omega_{0\,\text{ВХ}} = \omega_{0\,\text{ВИХ}} = {}^{1}/_{(L_1C_1)^{1/2}} = {}^{1}/_{(L_2C_2)^{1/2}} = 2\pi f_0$$

При аналізі використовуємо гармонічну апроксимацію змінних напруг і струмів; навантаження розглядаємо як еквівалентний опір. Діючі значення комплексів вхідної і вихідної напруги і струму:

$$0 \le U_{\text{ВХ}} \le 2\sqrt{2}\ U_{\text{d ВХ}}/\pi\ ; \qquad U_{\text{ВИХ}} = 2\sqrt{2}\ U_{\text{d ВИХ}}/\pi\ ; \tag{1}$$

$$I_{\text{ВХ}} = \pi\, I_{\text{d ВХ}}/\left(2\sqrt{2}\right)\ ; \qquad I_{\text{ВИХ}} = \pi\, I_{\text{d ВХ}}/\left(2\sqrt{2}\right)\ . \tag{2}$$

Елементарний аналіз резонансного режиму еквівалентної схеми з нульовими втратами показує, що за умови:

$$\dot{I}_{\text{ВХ}} = {}^{U_{\text{ВИХ}}}/_{X_M}\ ; \qquad \dot{I}_{\text{ВИХ}} = -j\ {}^{U_{\text{ВХ}}}/_{X_M} \qquad \dot{U}_{\text{ВИХ}} = jU_{\text{ВИХ}}\ .$$

Тоді виходить, що комплексні і активні потужності вхідного і вихідного контурів співпадають за модулем , але протилежні за знаком, тобто вхідний контур є генеруючим, а вихідний – споживаючим:

$$\tilde{S}_{\text{ВХ}} = -\tilde{S}_{\text{ВИХ}} = P_{\text{ВХ}} = -P_{\text{ВИХ}} = {}^{U_{\text{ВХ}}\,U_{\text{ВИХ}}}/_{(\omega_0 M)}\ ; \tag{3}$$

Якщо через зміну позиціонування котушок взаємна індуктивність змінюватиметься у діапазоні $M_{\min} \le M \le M_{\max}$ (при цьому вважається, що у слабко зв'язаних системах індуктивності L_1 і L_2, а отже і резонансні частоти обох контурів ω_0 залишаються сталими), то при номінальній переданій потужності $P_{\text{НОМ}}$ виконуються наступні співвідношення:

$$P_{\text{НОМ}} = {}^{U_{\text{ВХ}\max}\,U_{\text{ВИХ}}}/_{(\omega_0 M_{\max})} = {}^{U_{\text{ВХ}\min}\,U_{\text{ВИХ}}}/_{(\omega_0 M_{\min})} \tag{4}$$

Таким чином, максимальне значення необхідної встановленої потужності передавального АІН

$$S_{\text{ВХ}\max} = U_{\text{ВХ}\max}\, I_{\text{ВХ}\max} = \left({}^{M_{\max}}/_{M_{\min}}\right) P_{HOM} = \left({}^{k_{\max}}/_{k_{\min}}\right) P_{HOM} \tag{5}$$

де $k = {}^{M}/_{(L_1L_2)^{1/2}}$ – коефіцієнт зв'язку.

Останній вираз свідчить про те, що встановлена потужність пропорційна відношенню максимального і мінімального значень k , тобто, чим більшим є діапазон зміни коефіцієнта зв'язку k, тим вищим буде необхідний номінал встановленої потужності АІН при заданому номіналі переданої активної потужності.

Висновки: інваріантність ІЗС до значних позиційних переміщень і відповідних змін коефіцієнта зв'язку може бути досягнута двома способами: 1) механічне позиціонування для фіксації взаємного положення обох котушок індуктивного зв'язку; 2) деяка припустима варіація коефіцієнта зв'язку має бути компенсована системою керування силового інверторного перетворювача. Система має контролювати зміну умов зв'язку і автоматично компенсувати їх негативний вплив на ефективність ІЗС. Недоліками першого шляху є складність, недостатня надійність і значна вартість. Другий шлях вимагає попереднього теоретичного дослідження умов забезпечення високих енергетичних показників ІЗС разом зі стабільністю зарядного струму при зміні коефіцієнта зв'язку за рахунок керування вихідною частотою і напругою інвертора.

ЛІТЕРАТУРА

1. S. Karimi, M. Zadeh, J.A. Suul, «Shore Charging for Plug-In Battery-Powered Ships» IEEE Electrific. Mag., vol. 8, No. 3, pp. 47- 61, Sept.2020.

2. G. Guidi, J.A. Suul, F. Jenset, I. Sørfonn , «Wireless Chargingfor Ships.Highpower inductivecharging for battery electricand plug-in hybrid vessels». IEEE Electrification Magazine / september 2017,vol. 5, №4, pp.. 22-32.

3. G. Guidi, J.A. Suul, «Minimization of Converter Ratings for MW-scale Inductive Charger Operated under Widely Variable Coupling Conditions», in Proc. of the IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power, 2015 WoW, Daejeon, Korea, 5-6 June 2015, pp. 23-32.

4. S. Li, C.C. Mi, «Wireless Power Transfer for Electric Vehicle Applications», IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, Vol. 3, No. 1, pp. 4-17, Mar. 2015.

5. C. Zheng, H. Ma, J.-S. Lai, L. Zhang, «Design Considerations to Reduce Gap Variation and Misalignment Effects for the Inductive Power Transfer System», IEEE Trans. on Power Electron., Vol. 30, No. 11, pp. 6108-6119, Nov. 2015.

6. C. Zheng, J.-S. Lai, R. Chen, W. E. Faraci, Z. U. Zahid, B. Gu, L. Zhang, G. Lisi, D. Anderson, «High-Efficiency Contactless Power Transfer System for Electric Vehicle Battery Charging Application», IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Power Electronics, Vol. 3, No. 1, pp. 65-74, Mar. 2015.

7. www.wartsila.com WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2018 Wärtsilä Corporation. Specifications are subject to change without prior notice.Wärtsilä Marine Solutions / Wireless Charging.

К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГРАНУЛ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАНИЕМ РЫБНОЙ МУКИ

Исаев Е.А., Чернецкая И.Е.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Применение оптико-электронного устройства контроля качества гранул из рыбной муки обеспечивает достаточную эффективность управления технологическим процессом гранулирования отходов рыбной промышленности при производстве удобрений, а также в виде составляющих кормов для животных. Рассмотрено оптико-электронное устройство контроля качества гранул, особенностями которого является применение элементов, обеспечивающих беспроводную передачу данных.

В настоящее время в связи с развитием вычислительной техники и оптико-электронных методов определения параметров различных технологических процессов стало возможным осуществить контроль качества процесса гранулирования удобрений из рыбной муки.

В рассматриваемой предметной области известны работы ученых, косвенно имеющих отношение к бесконтактному определению качественных параметров технологических процессов, например, [1].

Характерной особенностью переработки материалов для гранулирования из рыбной муки, является ее тонкое измельчение, и, как следствие, материал обладает всеми недостатками тонкоизмельченных сыпучих материалов, такими как слеживаемость при хранении, значительное пыление при перегрузках, термообработке, транспортировании и т.д. [2].

Известно, что внесение удобрений в почву наиболее целесообразно осуществлять в гранулированном виде, т.к. это дает возможность значительно повысить срок их использования при сохранении эффективности действия.

Таким образом, исходя из выше изложенного, перед термообработкой целесообразно тонкоизмельченные продукты гранулировать.

На рисунке 1 представлена система управления гранулированием рыбной муки при производстве удобрений.

В исходном материале (рыбная мука), подаваемом на гранулирование, бесконтактным способом определяется влажность [3], которая, как правило, находится в пределах 20-25%. Исходя из высокой влажности рыбной муки, необходимой для уменьшения потерь материала при транспортировке, целесообразно перед гранулированием использовать формирователь гранул в виде шнекового экструдера с отверстиями, соответствующими требованиям к гранулометрическому составу готового продукта.

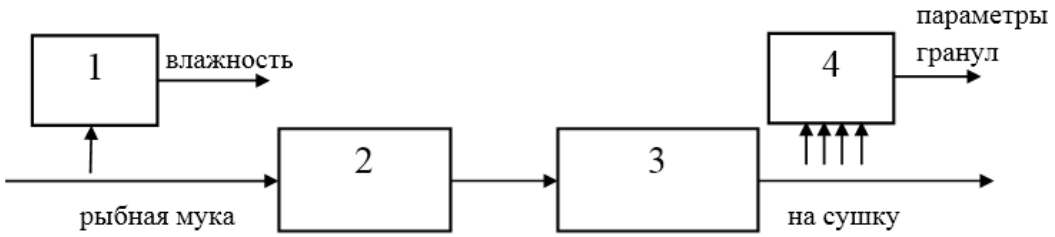


Рисунок 1 – Система управления гранулированием рыбной муки, где 1 – бесконтактный влагомер; 2 – экструдер; 3 – гранулятор; 4 – оптико-электронное устройство контроля качества гранул

С выхода экструдера, промежуточный продукт, сформированный в виде цилиндров заданного размера, поступает в гранулятор, оснащенный специализированным устройством, обеспечивающим режим ПДН (повышенных динамических нагрузок) [4]. Использование режима ПДН значительно увеличивает скорость формирования гранул, способствует увеличению степени заполнения гранулятора и уменьшению времени гранулирования, что в конечном итоге позволяет повысить производительность установки и интенсифицировать технологический процесс. При использовании в качестве барабанного гранулятора необходимо провести исследования с целью исключения мультистабильной динамики привода [5].

В результате процесса гранулирования рыбной муки формируются гранулы сферической формы размером 5-10мм.

Традиционно качество гранул и их гранулометрический состав контролируется в лабораторных условиях путем анализа выборочного объема гранул, на основе которого принимается решение о качестве полученной продукции и управлении технологическим процессом.

В условиях постоянного колебания параметров процесса гранулирования предлагается производить оценку качества полученных гранул из рыбной муки с помощью оптико-электронного устройства контроля качества гранул (ОЭУККГ) [6]. На рисунке 2 представлено ОЭУККГ, в состав которого включены блоки получения (БПИ) и обработки изображения (БОИ). Блок получения видеоизображения содержит: светосильный объектив 1 с контроллером 2, осветители 3 и 4, видеодатчик 5, приемо-передающее радиоустройство с функцией оцифровывания изображения 6, антенну 7. Блок обработки изображений состоит из антенны 8, радиоприемного устройства 9, ОЗУ 10, контроллера 11 и модуля передачи данных 12, модулей выделения контуров 13, сегментации 14, обнаружения гранул 15, измерения геометрических 16 и текстурных 17 параметров, а также системную шину 18. При использовании данного оптико-электронного устройства повышается качество контроля процесса гранулирования рыбной муки благодаря бесконтактному измерению параметров гранул в реальном масштабе времени без изменения оборудования формирования гранул.

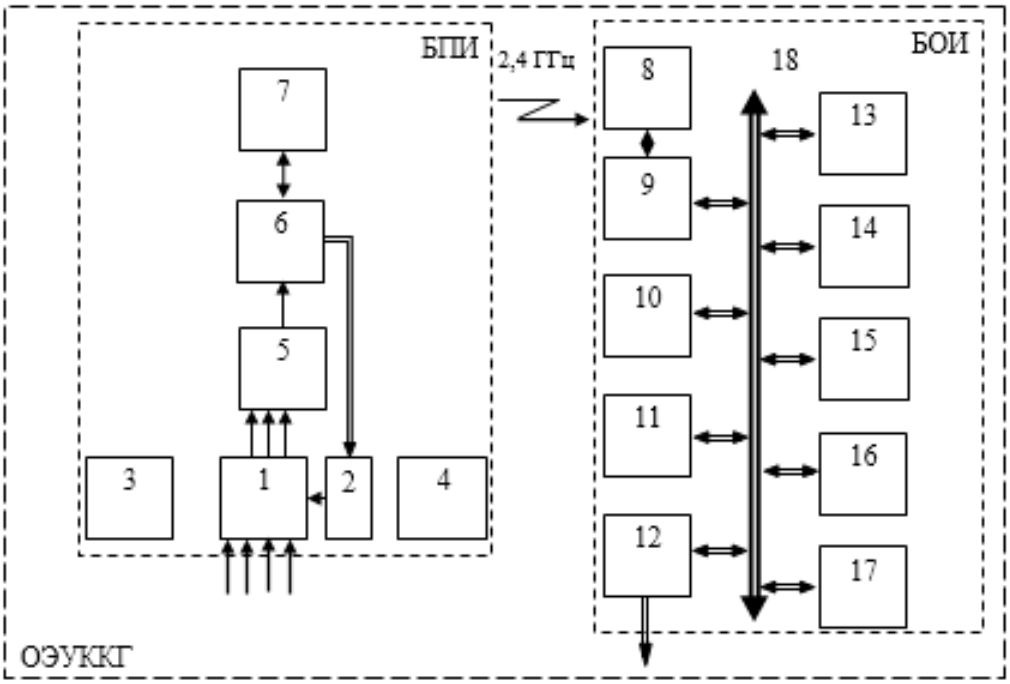


Рисунок 2 – Оптико-электронное устройство контроля качества гранул

Процесс оценки качества получаемых гранул из рыбной муки заключается в следующем. Для обеспечения равномерного освещения осветители устанавливают по обе стороны от светосильного объектива и направляют на область готовых гранул, падающих на грохот [7], отсеивающий качественные гранулы требуемого гранулометрического состава готовой продукции (при использовании барабанного гранулятора, или на область ссыпания готовых гранул в чашевом грануляторе. Количество гранул в указанных зонах технологического процесса определяет качество процесса гранулирования. Изображения формируемых гранул поступают через светосильный объектив на видеодатчик, преобразующий распределение рабочей сцены в аналоговый электрический сигнал и передающий его на приемо-передающее радиоустройство с функцией оцифровывания изображения 6. Затем полученное оцифрованное изображение преобразуется в радиосигнал, который с помощью передающей и приемной антенн поступает на радиоприемное устройство и через системную шину записывается в ОЗУ, где хранится для обработки. Функцию координации работы всех 10-ти модулей, подключенных к системной шине, обеспечивает контроллер, в котором также производятся вычислительно несложные операции по обработке изображений. В результате работы модуля выделения контуров получится дифференцированное изображение, которое в свою очередь обрабатывает контроллер: формирует контуры и определяет резкость изображения. Информация о резкости изображения передается в контроллер объектива, который формирует сигнал для изменения резкости объектива и получения более четкого изображения. Модуль сегментации выполняет сегментацию изображения с областями, предположительно являющимися центрами гранул. Далее, после вычисления дифференцированного, сегментированного изображения и совокупности контуров, модуль обнаружения гранул подтверждает или опровергает нахождение гранул на изображении. При наличии гранул на изображении модуль измерения параметров вычисляет геометрический размер каждой гранулы. В модуле измерителя текстур определяется плотность гранул и их масса. На заключительной стадии контроллер формирует гистограмму распределения масс, размеров и количества гранул. Затем полученная информация через модуль передачи данных передается оператору для обработки и управления процессом формирования гранул из рыбной муки в реальном масштабе времени. Экспериментальные исследования показали, что достоверность выдерживания размеров гранул 5-10мм составляет в пределах 90%.

Таким образом, применение процесса гранулирования рыбной муки с контролем качества гранул с помощью оптико-электронного устройства обеспечивает получение продукции надлежащего качества, обладающей требуемыми показателями влажности, плотности в реальном масштабе времени и, как следствие, достаточную эффективность управления технологическим процессом гранулирования отходов рыбной промышленности при производстве удобрений.

Изложенный способ контроля качества при гранулировании рыбной муки, может быть применен для сверхтонкоизмельченных материалов любого вида, например, фосфорных минеральных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оптико-электронный контроль зажигания шихты и гранулометрического состава агломерата [Текст]: монография / Е.В. Ершов, О.Г. Ганичева, В.В. Селивановских, Л.Н. Виноградова. – Череповец: ГОУ ВПО Череповецкий гос. ун-т, 2007. – 204 с.

2. Гранулообразование: теория и эксперимент: монография / Е.А. Исаев, И.Е. Чернецкая; под ред. Е.А. Исаева; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – 227с.

3. Чернецкая И.Е. Устройство измерения влажности аглоруды методом СВЧ [Текст] / И.Е. Чернецкая, Д.С. Потапов // Изв. Вузов. Приборостроение, №2, 2008. – С. 69-73.

4. Пат. 2199596 Российская Федерация, МПК C22B1/24. Способ окомкования сыпучих материалов [Текст] / Исаев Е.А., Чернецкая И.Е. – №2000132046/02; заявл. 21.12.2000; опубл. бюл. № 11. 27.03.2003.

5. Яночкина О.О. Мультистабильность и квазипериодичность в системе управления барабанным окомкователем [Текст] / О.О. Яночкина, И.Е. Чернецкая, Ж.Т. Жусубалиев // Научно-технический журнал «Системы управления и информационные технологии», – Москва-Воронеж: изд-во Научная книга, 2009. №3(37). – С. 58-63.

6. Интеллектуальная система технического зрения реального времени для анализа гранулометрического состава железорудных окатышей / Чернецкая И.Е., Титов В.С., Эрнан Э.К.О., Труфанов М.И. / Патент на полезную модель RU 108869 U1, 27.09.2011. Заявка № 2011114062/08 от 11.04.2011.

7. Окомкование: анализ и управление: монография / И.Е. Чернецкая, Е.А. Исаев; под ред. Е.А. Исаева; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – 259с.

ГРЕБНІ ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ З ВЕНТИЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ НАПІВПРОВІДНИКОВИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ

Іщенко І.М., Сєліверстова С.Р., Борисова В.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Одним з основних напрямків розвитку суднової енергетики на теперішній час є проведення досліджень та створення енергетичних систем, що забезпечують реалізацію концепції «повний електрорух» та «повна електрофікація судна».

Згідно вимогам Додатку VI, VI до Протоколу 1997 р. Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню із суден (МАРПОЛ) та положенням енергетичної ефективності морських суден, які були прийняті Комітетом по захисту морського середовища Міжнародної морської організації (IMO MEPC), встановлені ряд вимог щодо уникнення потрапляння нафтовмісних продуктів у морське середовище (додаток IV) та поступове зниження обсягу викидів вуглекислого газу в атмосферу об'єктами морського транспорту (додаток VI). Тому, концепція «повний електрорух» та «повна електрофікація судна», яка пропонує відмову від гідравлічних, пневматичних агрегатів різного призначення та їх заміну електроприводами на всіх ходових режимах, в тому числі із забезпеченням безпосередньої передачі потужності на гвинт у всіх режимах роботи [1], є доцільною.

Актуальність досліджень. Виробництво силових напівпровідників – транзисторів та транзисторних модулів, тиристорів високої частоти та високої напруги, дає змогу значно підвищити енергетичні показники суднового електрообладнання, питомі потужності та к.к.д. установок, оптимізувати масогабарітні показники [2].

Створення постійних магнитів великої енергії, вдосконалення технологій виробництва індукторних та вентильних синхронних машин, а також багатофазних асинхронних машин (до 15 фаз) дозволяє використовувати їх у якості гребних електродвигунів (ГЕД) на суднах із електрорухом різного призначення. При цьому потужність таких двигунів може складати 20-30 МВт та вище. Разом з тим, в гребних електричних установках (ГЕУ), найбільш перспективним є використання вентильних двигунів з перетворювачем частоти з безпосереднім зв’язком, електроприводи яких не потребують високої частоти обертів [1].

Результати досліджень. Тихоходні синхронні двигуни середньої та великої потужності незалежно від типу перетворювача виконують з керуючим вектором сили статора, що намагнічує [3]. Вони відносяться до класу вентильних двигунів та за регулюючими властивостями подібні реверсивному електроприводу постійного струму. При цьому визначені наступні їх переваги в порівнянні з приводом гребного електродвигуна постійного та подвійного роду струму:

- знімаються обмеження з потужності, які присутні для машин постійного струму за умовами комутації;
- можливо суттєве поліпшення динамічних характеристик ГЕД як наслідок зміни геометрії ротора, при якому зростає відношення його електромагнітного моменту до електромеханічного;
- забезпечується висока перевантажна здатність електродвигуна, яка обмежується практично тільки механічною міцністю та встановленою потужністю вентилів комутатора.

Функціональна схема ГЕУ з вентильним двигуном з безпосереднім перетворювачем частоти, що досліджується, приведена на рисунку 1. Синхронний двигун (СД) отримує живлення від трифазного безпосереднього напівпровідникового перетворювача частоти. Перетворювач отримує живлення від шин електроруху, на які, в загальному випадку,

працюють декілька дизель - та турбогенераторів з частотою 60 Гц. Перетворювач складається з шести трифазних тиристорних мостів УВП1-УВП6, увімкнених попарно за зустрічно-паралельною схемою. Перетворювач УВП1 формує позитивний напівперіод виходного струму, а перетворювач УВП2 – негативний напівперіод вихідного струму фази А. Перетворювачі працюють з роздільним управлінням, таким чином, при формуванні позитивного напівперіода вимкнений міст УВП2, а при формуванні негативного напівперіода – міст УВП1. Мости УВП3 та УВП4, ВП5 та ВП6 працюють подібно, формуючи вихідну напругу фаз В і С. Частота вихідної напруги може змінюватись від нуля до 16 Гц.

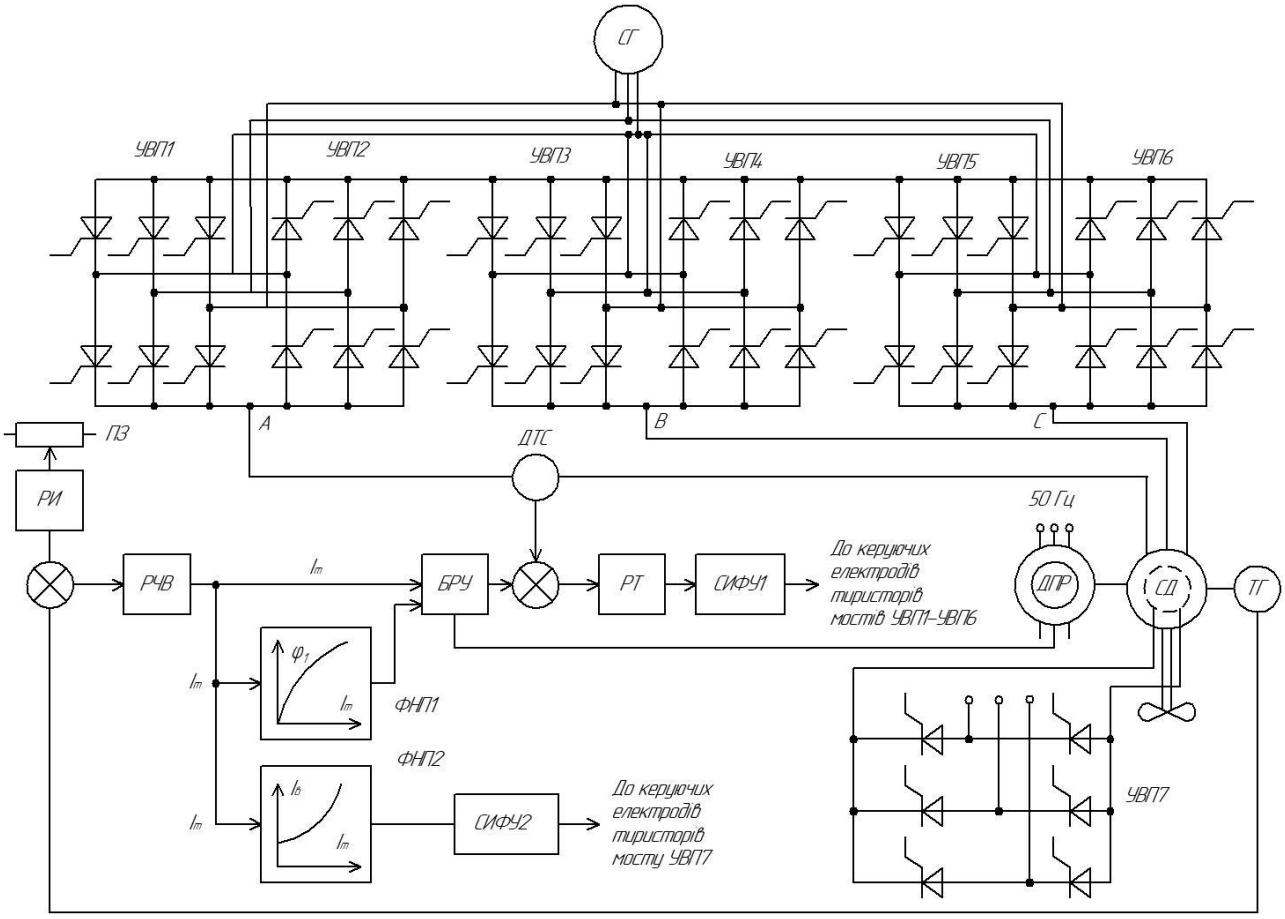


Рисунок 1 – Схема ГЕУ з вентильним двигуном з безпосереднім перетворювачем частоти

Датчик положення полюсної системи ДПР виконано у вигляді допоміжної асинхронної машини з фазним ротором з числом пар полюсів, яке дорівнює числу пар полюсів СД. Статор датчика ДПР отримує живлення від мережі частотою 60 Гц, з ротора якого знімається напруга, модульована частотою обертів СД. В блоці вирішуючого пристрою БРУ за допомогою демодуляції отримують задаючий трифазний сигнал, який пофазно управляє трифазним перетворювачем з безпосереднім зв'язком у функції струму.

За допомогою функціональних нелінійних перетворювачів ФНП1 та ФНП2 встановлюється значення кута φ між векторами лінійного навантаження струму статора та положенням полюсів ротора та струму збудження $I_З$ в залежності від заданої амплітуди статорного струму I_m , для того щоб установка працювала з cosφ = 1. Сигнал нелінійного перетворювача ФНП1 вводиться до БРУ, а сигнал перетворювача ФНП2 підводиться до системи імпульсно-фазового керування СІФУ2 перетворювача УВП7, яких живить збудження СД.

Сигнал на виході БРУ є сигналом, який задає сигнал регулятора струму РТ та подається до вузла порівняння цього регулятора. До цього вузла порівняння подається сигнал зворотного зв'язку від датчика струму статора ДСТ. Вихідний сигнал регулятора струму РТ подається на систему імпульсно-фазового управляння СИФУ1 перетворювачів УВП1 та УВП2; аналогічним чином керуються перетворювачі УВП3 та УВП4, УВП5 та УВП6. В схемі має місце система підпорядкованого регулювання, в якому контур струму статора та кутове положення, струм збудження двигуна підпорядковуються вихідній координаті I_m регулятора частоти обертання РЧВ.

Потенціометр ПЗ є задатчиком частоти обертання, що встановлюється. Вихідна напруга через регулятор інтенсивності РИ підводиться до вузла порівняння регулятора частоти обертів РЧВ. Привод може працювати в чотирьох квадрантах, здійснюючи режим двигуна та режим рекуперативного гальмування в обох напрямках.

Вказані переваги синхронного двигуна не виявляються в достатній мірі в процесі експериментальних досліджень. Наявність асиметрії фазних струмів, спектру вищих гармонічних складових в них, знижує техніко-економічні показники установки. Але, навіть ці недоліки синхронного двигуна з вентильним комутатором слід вважати найбільш перспективним ГЕД в системах ГЕУ змінного струму.

Висновки. Основна перевага розглянутої системи – природна комутація, відсутність необхідності в роботі вентильного двигуна при низьких обертах у режимі примусової комутації. Зміна напрямку обертання досягається зміною порядку чередування фаз у блоці лічильно-вирішуючого пристрою БРУ.

За регулюючими властивостями, розглянуті схеми синхронного двигуна подібні ГЕД постійного струму, але з деякими відмінностями. При наявності систем контролю та управління, досить просто забезпечити векторне керування гребною установкою. Основними параметрами регулювання при цьому можуть бути момент на валу двигуна (за потужністю) та вектор потоку якоря (за величиною струму збудження збудника), що потребують досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы / А.П. Баранов. – Санкт Петербург: Судостроение, 2005. – 528 с.

2. Замятин В.Я. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. – Москва: Радио и связь, 1987, 576 с.

3. Паластин Л.М. Синхронные машины автономных источников питания / Л.М. Паластин. – Москва: Энергия, 1980. – 384 с.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОЧИЩЕННЯ ВИКИДНИХ ГАЗІВ

Колебанов О.К.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Лебеденко Ю.О.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Проблема забруднення навколишнього середовища постає все гостріше не тільки на суші, але і в акваторіях. Збільшення масштабів економічного співробітництва веде до будівництва все більш містких суден: нафтових і газових танкерів, контейнеровозів, суховантажних суден. Завдяки вимогам з сторони замовників і відповідним законодавчим ініціативам, суднобудівна промисловість намагається знизити свій негативний вплив на природне середовище. Міжнародна морська організація (IMO) в своїх нормативах обмежує дві основні групи забруднюючих речовин, пов'язаних з морським судноплавством: оксидів сірки (SOx) і азоту (NOx). Згідно з її Положенням MARPOL Додатку VI починаючи з 1 січня 2020 року судам заборонено використовувати паливо з вмістом сірки вище 0,5%, тому всі судна мають або перейти на альтернативні види палива, або виконати переобладнання з установкою систем очищення викидних газів Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) [1].

Метою досліджень є аналіз суднових систем очищення викидних газів, визначення вимог щодо технічного переобладнання судна-балкера «SARONIC SPIRE» та розробка рекомендацій з технічної експлуатації зазначеної системи.

Основна частина. Морський судновий скрубер, чиє призначення полягає в ефективній нейтралізації викидних газів від дизельного палива або мазуту, в цілому, схожий з цивільними моделями пристроїв пило - газоочищення в базовому принципі дії [2].

Схема технологічної системи очищення викидних газів наведена на рис. 1.

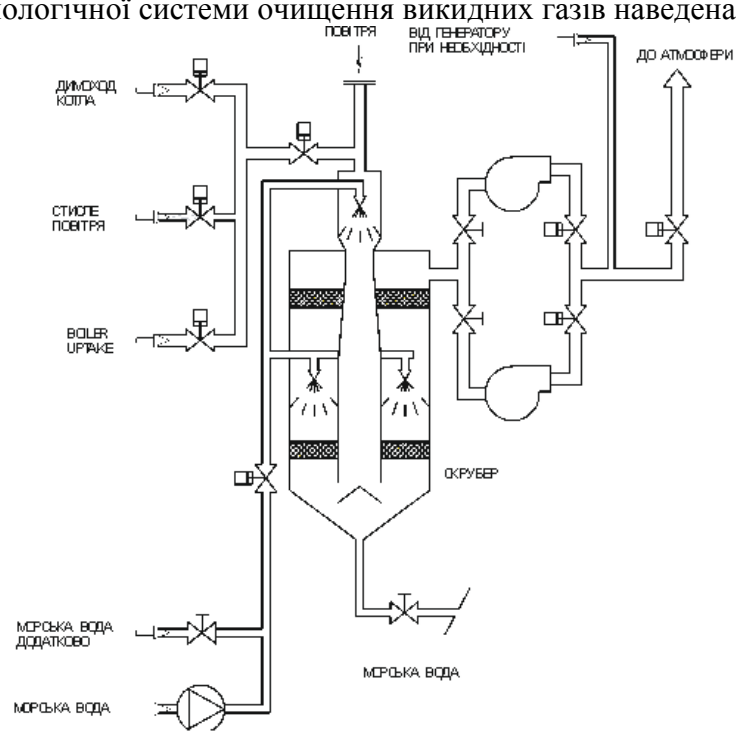


Рисунок 1 – Схема технологічної системи очищення викидних газів

Скрубер складається з наступних частин [2]: водяний затвор; розпилювальні сопла; тарілки, що відбивають; пази Вентурі; піддони з набиванням (каменів або пластмаси); антиконденсатний пристрій (демістер); прилади контролю й автоматики.

Вихлоп дизеля або турбіни подається в скруберну колону, оснащену жалюзійними ярусами, на яких покладені так звані насадки – тіла високої питомою площі. Для уповільнення потоку викидних газів використовується аеродинамічна труба, яка діє за зворотним принципом труби Вентурі. З метою первинного охолодження викидних газів в конструкцію може бути впроваджений блок уприскування.

Блок розпилювальних форсунок зрошує внутрішню порожнину апарату або яруси з насадками, на поверхні яких створюється киплячий псевдозріджений (міжфазовий) шар, що ефективно реагує з забруднювачами. Небажані газоподібні включення зв'язуються з абсорбентом, утворюючи важкі краплі шламу.

Утворений шлам під дією сили тяжіння опадає в шламоприймач, а частина потоку, що залишилася, додатково проходить через тумановловлювачі, після чого може бути або викинута в атмосферу, або спрямована на інші потреби.

Автоматизована система регулювання (АСР) процесу очистки викидних газів складається з контурів автоматичного регулювання, дистанційного керування двигунами, аварійного захисту, сигналізації і блокувань [4]. Для цих контурів підібрані технологічні засоби, які можливо застосувати у вибухонебезпечному середовищі та з агресивними потоками (промивний розчин).

Регулюванню підлягають перш за все ті параметри, при зміні яких в об'єкт можуть надходити збурення.

Відбувається регулювання співвідношення витрат промивного розчину і викидних газів. Головним технологічним потоком є витрата викидних газів, допоміжним – витрата промивного розчину. Згідно встановленого завданням співвідношення, регулятор змінює витрату допоміжного потоку, поки співвідношення не стане рівним завданню. Система має два вимірювальні комплекти витрати: діафрагма камерна та дифманометр. Регулюючий вплив надходить на механізм виконавчий пневматичний прямої дії.

Система регулювання повинна підтримувати регульовану величину – співвідношення витрат промивного розчину і викидних газів з найменшими відхиленнями від заданого значення. Виконаємо синтез робастної системи автоматичного регулювання співвідношення витрат промивного розчину і викидних газів [5]. Керованою величиною Y є концентрація домішок на виході скрубера, а керуючим впливом U – завдання виконавчому механізму на відкриття клапану подачі розчину в скрубер. Система є системою стабілізації. Сигнал завдання $C_з$ – величина незмінна, до виходу приєднано суматор, до якого надходить сигнал збурення Δ. Постійними часу та затримками виконавчого механізму і датчиків зневажаємо через їх малість.

Диференціальне рівняння для досліджуваного каналу керування має вигляд:

$$T\frac{dy}{dt} + y = Kx \tag{1}$$

Воно ж у формі Коші:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{T}(Kx - y) \tag{2}$$

і в різницевій формі:

$$\Delta y_{n+1} = \frac{\Delta t}{T}(Kx_n - y_n) \tag{3}$$

$$y_{n-1} = y_n + \Delta y_{n+1} \tag{4}$$

Вихідними даним для одержання розгінної характеристики є: результати ідентифікації параметрів каналу керування (К=0,0011, Т=36 с, τ=5 с); обраний крок

розрахунку й тривалість експерименту; величина стрибка по вхідній величині 0,1. Початкові умови по вихідній величині:

$$y(t_0)=y(0)=y_0=0.032.$$

Розрахунки виконані в програмному пакеті Matlab Simulink. На рисунку 2 наведено комп'ютерну модель системи регулювання співвідношення витрат промивного розчину і викидних газів суднового скрубера.

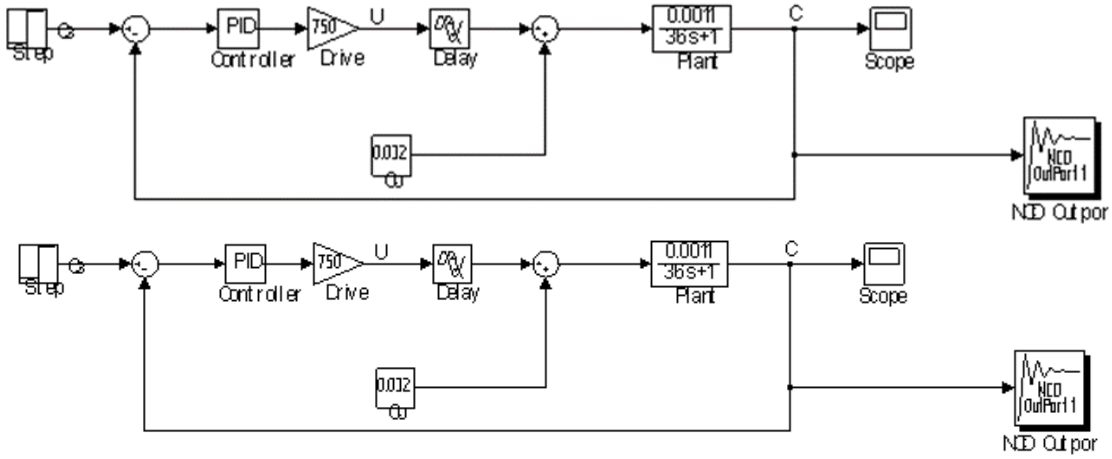


Рисунок 2 – Структурна схема одноконтурної лінійної системи автоматичного регулювання співвідношення витрат промивного розчину і викидних газів

Для визначення параметрів налагодження регулятора використано блок оптимізації NCD-Outport. В результаті оптимізації отримуємо параметри ПІ-регулятора: К=2.4, Ті=200 с. Результати комп'ютерного моделювання підтвердили ефективність застосування ПІ-регулятора із зазначеними налаштуваннями: тривалість перехідного процесу зменшилась з 108 с до 48 с при відсутності перерегулювання.

Висновки. Розроблена схема автоматичного керування дозволяє підвищити продуктивність очищення викидних газів, а отже, зменшити забруднення повітря, шляхом підтримання технологічних параметрів в допустимих межах. Автоматизована система регулювання дає можливість досягти оптимальних режимів роботи технологічного устаткування, що відповідно подовжує наробіток до відмови приладів. Варто відмітити, що саме комплексна автоматизація процесу дозволяє уникнути аварійних режимів роботи обладнання, тобто підвищити безпечність функціонування суднового обладнання в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. МАРПОЛ 73/78. Приложение VI (пересмотренное) к Конвенции «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов» [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://docs.cntd.ru/document/499014496.
2. Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.bergermaritiem.nl/scrubber_en.
3. Exhaust gas cleaning [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://www.alfalaval.com/industries/marine-transportation/marine/exhaust-gas-cleaning/.
4. Страус В. Промышленная очистка газов. Пер. с англ.– М.: Химия, 1981– 616 с.
5. Дьяконов В.П. MATLAB 6: учебный курс. СПб.: Питер, 2001. –592 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СУДНОВИХ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Коробко В.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. Для сучасного судноплавства характерним є зростання вимог, щодо економічності та екологічної безпечності суден. Сучасна суднова енергетика в значній мірі визначає ефективність морських перевезень, саме тому до складу більшості СЕУ входять системи утилізації теплових викидів. Частина теплових викидів, яку здатна утилізувати наявна система енергозбереження, розглядається як вторинні енергетичні ресурси (ВЕР).

На поточний момент першочерговою задачею є скорочення викидів парникових газів, так званих Greenhouse Gas (GHG), до яких відносяться CO2, метан – CH3, VOC [1,2]. У відповідності з положеннями UN Sustainable Development Goal 13 [3], IMO планує подальші обмеження викидів GHG, за рахунок впровадження в СЕУ маловуглецевих та безвуглецевих палив, таких, як скраплені водень – H2 та аміак – NH3 [4,5].

Використання нових економічних двигунів, в тому разі двопаливних, призвело до суттєвих змін параметрів теплових викидів СЕУ, зменшились температури відпрацьованих газів ДВЗ, особливо МОД, з'явились кріогенні палива, такі, як LNG та LPG [6]. Таким чином, ресурсна база систем енергозбереження, побудованих на класичному циклі Ренкіна, зменшується.

Відомі приклади використання на суднах утилізаційних установок на базі циклу Ренкіна на органічних теплоносіях (ORC системи), але практичного використання ці системи не знайшли, з огляду на незадовільні масогабаритні характеристики та високу вартість обладнання [7, 8].

За цих умов, виникає потреба в створенні нових технологій енергозбереження, здатних ефективно перетворювати низькотемпературні теплові викиди та кріогенні потенціали палив в механічну роботу.

Результати досліджень. В результаті проведення комплексу досліджень на базі термоакустичних теплових машин (ТАТМ) були розроблені такі технології енергозбереження, рис. 1.

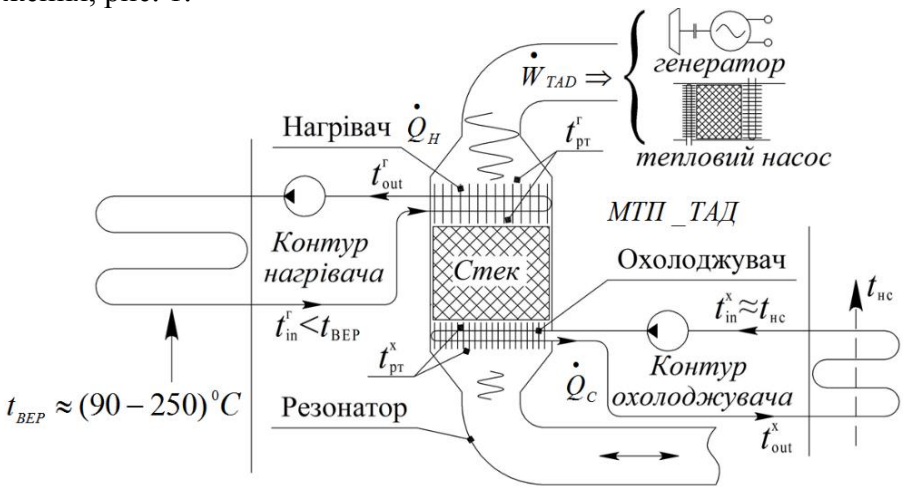


Рисунок 1 – Принципова схема термоакустичної системи енергозбереження [9]

Основним елементом цих систем є термоакустичний двигун (ТАД), який здійснює перетворення частини скидної теплоти в акустичну енергію. Поєднання ТАД з імпульсною турбіною двонаправленої дії (ІДТ) дає можливість реалізувати термоакустичний турбінний

двигун (ТАТД), який забезпечує перетворення акустичної енергії в механічну роботу. Додавши до ТАТД електричний генератор, отримаємо термоакустичний турбогенератор (ТАТГ).

В роботах [10-12], показано, що застосування такої термоакустичної установки дає можливість, за рахунок утилізації ВЕР, отримати додаткову потужність – $Ne^{ТАТГ}$.

Потужність термоакустичної системи можна оцінити, виходячи з екзергетичних потенціалів наявних ресурсів, кількості та типу ТАД, ефективності перетворювачів акустичної енергії в механічну роботу – ІДТ [13].

$$Ne^{ТАТГ} = Q_{in,i}^{TAD}\eta_C^i k_{hex}\eta^{ТАД}\eta_{ІДТ,i}\eta_{ген,i} = (Q_{H,in}^{TAD} - Q_{H,out}^{TAD})\times(1-\frac{T_{C,i}}{T_{H,i}})k_{hex}\eta_i^{ТАД}\eta_{ІДТ,i}\eta_{ген,i}, \quad (1)$$

де, Q_{in}^{TAD} – об’єм теплових викидів, утилізованих термоакустичною системою енергозбереження; $\eta_i^{ТАД}$ – к.к.д. термоакустичного двигуна, залежить від термодинамічного циклу; η_{carnot}^i – к.к.д. Карно, який визначається температурним рівнем теплових викидів; k_{hex} - коефіцієнт неоднорідності розподілу температур по фронту матриці; $\eta_{ІДТ,i}$ – к.к.д імпульсної двонаправленної турбіни; $\eta_{ген,i}$ – к.к.д. споживача (електричного генератора).

Сумарна ефективна потужність СЕУ з термоакустичною системою енергозбереження буде становити

$$Ne_{\Sigma}^{СЕУ} = Ne^{СЕУ} + \sum_{1}^{j}(Ne_j^{ТАТГ}(Q_i^{ВЕР}, T_{amb}, T_{Hi}, T_{Ci})). \quad (2)$$

В ТАД процеси перетворення теплової енергії в акустичні коливання здійснюються в теплообмінному вузлі (рис. 2), який складається з регенератора теплообмінників – нагрівача і охолоджувача. ТАД пов’язан з джерелами енергії з допомогою проміжних систем, в яких циркулюють транспортні теплоносії – термоолії, вода або інші речовини[1].

Максимально можлива потужність ТАД визначається тепловою продуктивністю нагрівача, що в багатьох випадках є лімітуючим фактором, що пов’язано з високим термічним опором теплообмінників з термоолійними теплоносіями, в даному випадку (4 – 5)10^{-3} Вт/м^2/К.

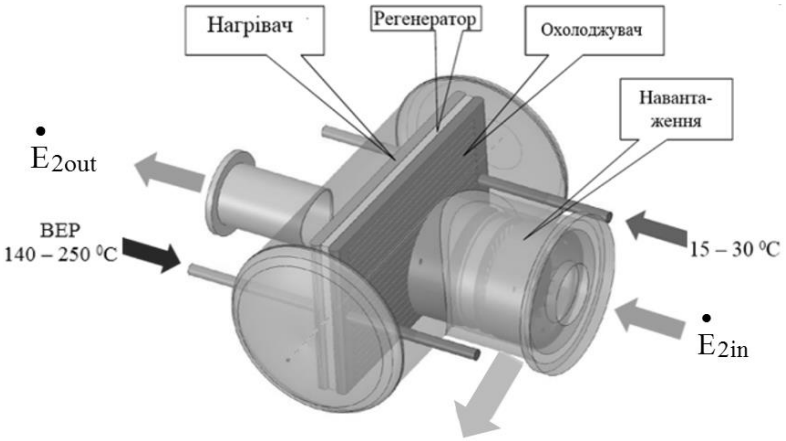


Рисунок 2 – Вузол термоакустичних перетворень ТАД та його складові елементи

В роботі [12] показано, що застосування в ТАД рекуперативних теплообмінників з нерівномірним розподілом температур по поверхні теплообмінників призводить до неоднорідного розподілу температури по фронту матриці, що зменшує ефективність та потужність ТАД. Для урахування цього ефекту запропоновано коефіцієнт неоднорідності k_{hex}, який залежить від співвідношення водяних еквівалентів теплоносіїв, конструкції та

розмірів теплообмінників, температур джерел енергії. Значення коефіцієнту в межах k_{hex} = 0,65 – 0,9 характерні для випадків використання рекуперативних теплообмінників з рідинними теплоносіями.

Значення k_{hex} = 0.9 – 0.99 можуть бути досягнуті для «ідеальних» теплообмінників, які характеризуються майже однорідним розподілом температури по зовнішній поверхні. За «ідеальні» можна вважати теплообмінники з внутрішніми джерелами енергії, це електричні або радіоізотопні нагрівачі, елементи Пельтьє, гравітаційні термосифони, конденсатори пари або випаровувачі.

Дієвим способом підвищення економічності СЕУ за допомогою термоакустичних систем енергозбереження є інтенсифікація теплообміну з застосуванням ефектів фазового переходу[14]. Використання цього технічного рішення є перспективним для вдосконалення ТАТМ та їх елементів.

Методами фізичного і математичного моделювання процесів в ТАТМ визначено:

для теплообмінників:

- різниця температури поверхні теплообмінників з фазовим переходом не перевищує 4 – 6 К, з коефіцієнтом k_{hex}=0.98 -0.99, в порівнянні з рекуперативними теплообмінниками, з різниці 40 – 60 К і коефіцієнтом k_{hex}= 0.68 – 0.85, обґрунтовує доцільність їх використання;
- при плівкової конденсації водяної пари в каналах конденсаційних теплообмінників коефіцієнти теплообміну сягають 1000 – 1500 Вт/(м^{2}К), що суттєво вище, ніж коефіцієнти теплообміну для термоолії 250 – 350 Вт/(м^{2}К), завдяки чому термічний опір теплообмінників знижується в 1,9 – 3,2 рази, що дозволяє зменшити їх габарити;

для ТАД:

- використання двокомпонентного робочого тіла – вологого повітря з відносною вологістю не менше ніж 90% дозволяє, за рахунок фазового переходу, знизити температуру виникнення термоакустичних коливань на 80К при підвищені потужності двигуна в 2.5 – 4 рази, в порівнянні з роботою на атмосферному повітрі з відносною вологістю 50% та менше;
- умовою зниження температури виникнення термоакустичних коливань є забезпечення існування в матриці сумісних повздовжніх градієнтів температури та вологості;
- при використанні двокомпонентних робочих тіл, де один з компонентів здійснює фазовий перехід, доцільно підводити теплоту безпосередньо до матриці при умовах підтримання високої вологості та температури робочого тіла.

Висновки. Дієвим способом вдосконалення термоакустичних систем енергозбереження є використання ефектів фазового переходу в теплообмінниках ТАД та багатокомпонентних робочих тіл з різною температурою фазового переходу.

Використання ефектів фазового переходу дозволяє суттєво покращити характеристики СЕУ шляхом поліпшення ТАД, за рахунок більш однорідного розподілу температур на поверхні теплообмінників та створення в матриці сумісних градієнтів температури та вологості.

Утилізація низькотемпературної скидної теплоти суднових енергетичних установок з термоакустичними системами енергозбереження, що використовують фазові переходи, дозволяє отримання додаткової потужності до 10%, а саме з МОД до 8%, з СОД до 9%, з ВОД до 10%, та зменшити споживання палива в межах 8 – 10%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Prevention of Air Pollution from Ships. [Electronic resource] – Mode of access: http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx.

2. International Maritime Organization (IMO). Greenhouse Gas Emissions. [Electronic resource] – Mode of access: http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pollution Prevention/AirPollution/Pages/GHG-Emissions.aspx.

3. United Nations Sustainable Development Goal 13. [Electronic resource] – Mode of access: https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change.

4. Weisser, German & Nylund, Ingemar & Schneiter, Dominik. (2019). Greenhouse Gas (GHG) Emissions from LNG Engines, Review of the Two-Stroke Engine Emission Footprint. [Electronic resource] – Mode of access: https://www.wingd.com/en/documents/ general/papers/greenhouse-gas-emissions-from-lng-engines-cimac2019-paper-426-g-weisser.pdf.

5. Engineering the future two-stroke green-ammonia engine.MAN ES. technical paper November 2019. [Electronic resource] – Mode of access: https://www.man-es.com/.

6. Singh, D.A review of waste heat recovery technologies for maritime applications. Energy Conversion and Management, 111, 2016. – pp. 315–328. http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.

7. Ioannis Vlaskos .Waste Heat Recovery in Marine Propulsion Systems.SNAME 2016. Electronic resource] – Mode of access: http://surl.li/ngds.

8. Yari M, Mehr AS, Zare V, Mahmoudi SMS, Rosen MA. Exergoeconomic comparison of TC (trilateral Rankine cycle), ORC (organic Rankine cycle) and Kalina cycle using a low grade heat source. Energy. 2015;(xx):1-11. Available:http://dx.doi.org/10.1016/j.energy .2015.02.080.

9. Коробко В.В. Можливі шляхи використання термоакустичних теплових машин в системах СЕУ / В.В. Коробко // Наук. вісн. ХДМА. – Херсон : ХДМА, 2014. – № 2 (11). – С. 69–76.

10. Коробко В.В. Підвищення ефективності енергетичних установок шляхом застосування термоакустичних технологій / В.В. Коробко // Shipbuilding & Marine Infrastructure. Судостроение и морская инфраструктура. – Николаев : НУК, 2018. – № 2 (10). – С. 252–261.

11. Коробко В.В. Аналіз впливу конструкції теплообмінників на характеристики низькотемпературних термоакустичних установок // Авиационно - космическая техника и технология. – №8 (135), 2016. – С. 5-10.

12. Коробко В.В. Залежність характеристик термоакустичного двигуна від неоднорідності температури поверхонь теплообмінників // Авиационно-космическая техника и технология. – 2020. – № 5(165). – С. 96–102. doi: 10.32620/aktt.2020.5.12.

13. Коробко В.В. Експериментальні дослідження робочих процесів в термоакустичному турбогенераторі / В.В. Коробко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2019. – № 7. – С. 65–70.

14. Епифанов А.А. Особенности конструкции и методики теплового расчета термосифонного секционного котла-утилизатора / А.А Епифанов, Б.В. Дымо, Ю.А. Долганов// Збірник наукових праць НУК. Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. №2(437). с.97-105.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ГАЗОАНАЛИЗАТОРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА

Костенко А.А., Головань А.И.
Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Наиболее проблемным токсичным выбросом ДВС является оксид азота (NOx). Соединения NOx образуются при сгорании любого вида топлива, поэтому формирование NOx неизбежно. Для снижения выбросов NOx от ДВС на морском транспорте широко применяется селективный каталитический нейтрализатор (SCR). Однако, для обеспечения максимальной эффективности, а как следствие – экологичности морского транспорта, система контроля SCR требует точного определения концентрации NOx в отработавших газа.

Актуальность исследования. Ужесточение экологических требований к выбросам от ДВС на морском транспорте подталкивает к поиску новых методов оптимизации системы SCR. Здесь, выбор правильного типа анализатора играет ключевую роль, так как это является одним из ключевых элементов в построении оптимальной модели управления. Наибольшее применение для обслуживания SCR получили два типа анализаторов основанные на принципах: хемилюминесценции (CLD) и прямой абсорбционной спектроскопии (ПАС).

Формулировка целей. Рассмотреть указанные методы определения концентрации NOx и определить применимость в системе SCR.

Изложение основного материала исследования. Измерение NOx с помощью хемилюминесценции. Метод хемилюминесценции основан на химической реакции окиси азота NO и озона O_3 в результате которой образуются электронно-возбужденные частицы NO_2, испускающие свет в красной и инфракрасной области спектра (рис. 1) [1]:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2^* + O_2 \quad (1)$$

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 + h\nu \quad (2)$$

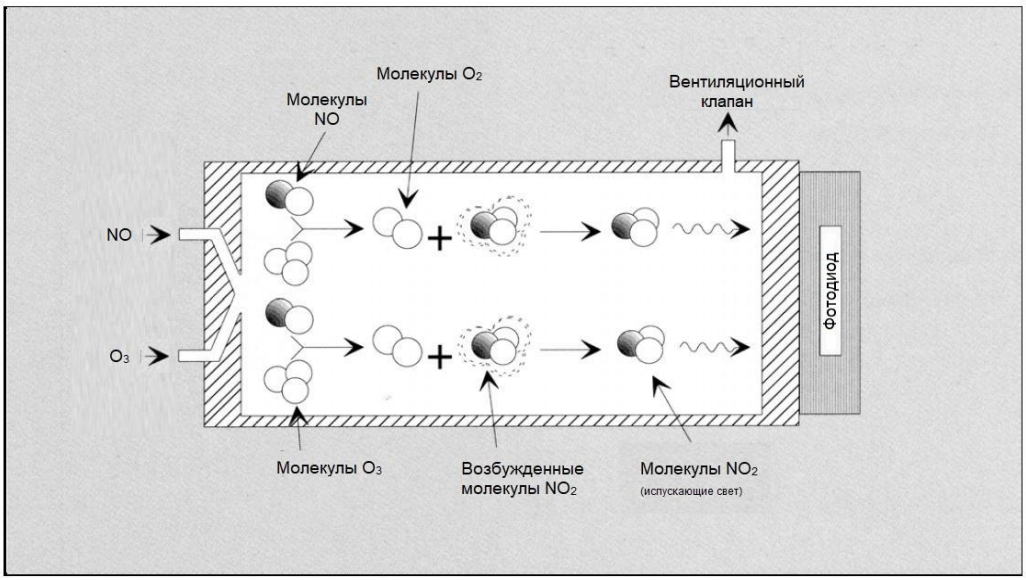


Рисунок 1 – Хемилюминесцентная реакция озона (O_3) с окисью азота (NO)

В реакции (1) оксид азота (NO) и озон (O_3) легко вступают в реакцию и образуют молекулы диоксид азота (NO_2) в электрически возбуждённом состоянии. В реакции (2)

возбужденный NO_2* сразу возвращается в основное состояние, испуская фотоны (красный свет). Интенсивность света измеряется фотодиодным детектором, а затем преобразовывается с помощью ЭВМ [2].

Хемилюминесцентные анализаторы, работающие в системе SCR, имеют следующие особенности:

- Диоксид азота (NO_2) в пробе для последующей конвертации необходимо преобразовать в NO;
- Необходим генератор озона O_3;
- Приблизительно 10% пробы отработавших газов в возбужденном состоянии требуют утилизации;
- Необходима подготовка пробы отработавших газов перед поступлением в анализатор.

Достоинствами хемилюминесцентных анализаторов можно считать:

- Высокое быстродействие;
- Сравнительно низкая стоимость оборудования и обслуживания;
- Некоторые модели позволяют измерять другие соединения, например NH_3;
- Гибкость монтажа.

Измерение NOx с помощью метода прямой абсорбционной спектроскопии. По сравнению с CLD метод прямой абсорбционной спектроскопии (ПАС) основан на совершенно ином принципе. ПАС использует способность соединений поглощать определенные длины волн электромагнитного излучения. Поглощение определённой длины волны позволяет анализатору обнаружить наличие и количество измеряемых соединений. Благодаря данному методу один анализатор может измерять множество вредных веществ в отработавших газах ДВС (рис. 2).

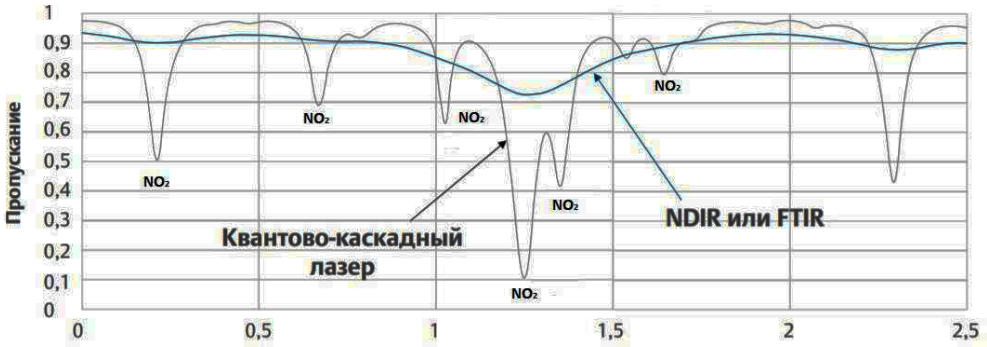


Рисунок 2 – Сравнение квантово-каскадных лазеров с методами широкополосного обнаружения (недисперсионный инфракрасный метод (NDIR) и инфракрасная спектроскопия на основе преобразований Фурье (FTIR))

В современных анализаторах используются несколько эффективных технологий (рис. 2). Квантово-каскадная лазерная технология (QLD) обеспечивает быстрое, высокоточное определение молекул в средней части инфракрасного спектра. Перестраиваемый диодно-лазерный (TDL) метод обеспечивает определение ближнего инфракрасного диапазона. Технология квантово-каскадных лазеров базируется на высокоскоростной спектроскопии высокого разрешения и применяется для обнаружения и идентификации спектра молекул в среднем диапазоне инфракрасной области длин волн. Вместе со спектроскопией перестраиваемых диодных лазеров прибор производит идентификацию и в ближней инфракрасной области спектра [3]. Квантово-каскадный лазер – полупроводниковый лазер, способный излучать множество фотонов при прохождении одного электрона через ряд квантовых ям. Длины волн излучения квантово-каскадного лазера можно настроить для возбуждения определенной молекулы или ряда молекул в

четком диапазоне 1–3 волновых чисел. При подаче питания квантово-каскадный лазер нагревается, а с ростом температуры длины волн лазера начинают увеличиваться. Затем квантово-каскадный лазер сканирует частоты длин волн для определения каждого интересующего компонента перед охлаждением устройства до первоначальной температуры. Данный процесс внутриимпульсной линейной частотной модуляции лазером происходит за одну микросекунду, позволяя каждую секунду записывать тысячи спектров [4].

Достоинства анализаторов, основанных на методе прямой абсорбционной спектроскопии следующие:

- Высокая чувствительность и отсутствие задержки измерения;
- Отсутствие расходных частей и долгий срок эксплуатации;
- Одновременное измерение от 3 до 5 компонентов, (рис. 3).

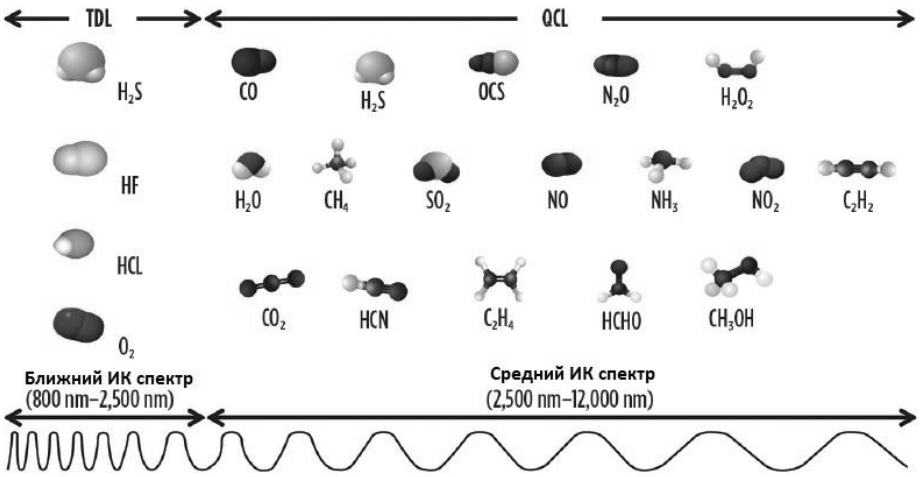


Рисунок 3 – Комбинированный метод определения QLD/TLD

Выводы. Рассмотренные анализаторы представляют интерес в построении оптимальной модели управления системы селективного каталитического восстановления. Небольшое преимущество имеет квантово-каскадная технология, так как позволяет без дополнительных преобразований и модификаций оборудования определить концентрацию NOx и NH_3. Дополнительная обратная связь несомненно обеспечит более точный контроль системы SCR, а, как следствие, улучшит экологические качества судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров Ю.А. Сверхслабые свечения при биохимических реакциях. М.: Наука, 1966.

2. https://new.abb.com/ - Next generation solid-state chemiluminescence NOx analyzer.

3. http://emerson.com - QCL-BRO-Rosemount-Quantum-Cascade-Laser-Analyzers.

4. Normand, E, «Fast real-time spectrometer based on a pulsed quantum-cascade laser», Optics Letters, 28, 2003, 16.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК АККУМУЛЯТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Кошель Н.Д.
Украинский государственный химико-технологический университет
(Украина, г. Днепр)
Костыря М.В., Корпач С.В.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепр)

Введение. Функциональные характеристики аккумуляторных электродов определяются свойствами материалов, из которых изготовляют электроды. Как правило, в электродных композициях содержатся кроме самих активных веществ, взаимодействие между которыми генерирует электрическую энергию, также многочисленные добавки. Они обеспечивают электропроводность, пористость, форму внутренней поверхности, уровень смачиваемости и множество других свойств, разных у различных типов источников тока. Поэтому характеризовать качество электродов и оптимизировать технологию изготовления приходится отдельно для каждого типа электродов, причем с весьма ограниченным количеством конкретных теоретических рекомендаций и, по существу, адаптивными методами случайного поиска.

В настоящей работе исследовали свойства железного электрода железо-никелевого аккумулятора.

Актуальность исследований. Активным материалом отрицательных электродов никель-железного аккумулятора является порошок железа и его оксиды. Несмотря на то, что железо-оксидные электроды в щелочных аккумуляторах давно известны, до сих пор не удалось устранить последствия его основного недостатка – близости водородного потенциала и обусловленной этим термодинамической нестабильности. Однако низкая стоимость, высокая устойчивость к отравляющим примесям, экологическая безопасность и способность к полной рекуперации, высокая теоретическая удельная емкость делают его весьма привлекательным объектом для изучения.

Перспективы улучшения свойств железо-оксидных электродов щелочного аккумулятора связаны не только с использованием новых композиционных материалов и новых добавок в активную массу электродов, но и с более глубоким пониманием механизмов электрохимических и коррозионных процессов, протекающих как на отдельных электродах, так и в аккумуляторе в целом. Это, в свою очередь, требует решения сложной задачи выбора соответствующих критериев и достаточно надежной и воспроизводимой методики оценки характеристик исследуемых материалов.

Для оценки характеристик материалов, используемых в качестве компонентов активных масс, всегда используют простейшие геометрические свойства частиц порошков – средний размер и распределение по размерам. Однако для характеристики частиц их форма имеет не менее важное значение, чем их размеры. Сравнительно новый метод фрактального анализа позволяет рассматривать геометрические особенности структурно сложных объектов на количественном уровне и получать новую интересную информацию о механизмах образования анализируемых структур [1-3]. Объектами анализа являются плоские изображения – фотографии шлифов, электронно-микроскопические снимки поверхности материалов, фотографии порошков, т.е. геометрические фигуры сложной хаотичной формы.

Постановка задачи. Установить связь между фрактальными характеристиками порошковых активных материалов источников тока и функциональными свойствами электродов на основе статистического фрактального анализа их цифровых изображений.

Результаты исследований. Железные ворошки готовили путем химического осаждения из растворов сульфата железа по различным технологиям, с последующим механическим диспергированием. Исследуемые образцы фотографировали с помощью оптического микроскопа с увеличением до ×400. Один из вариантов изображения порошка с оптическим увеличением ×40 в масштабе 3 пиксель/мкм и шириной поля 214 мкм показан на рис. 1.

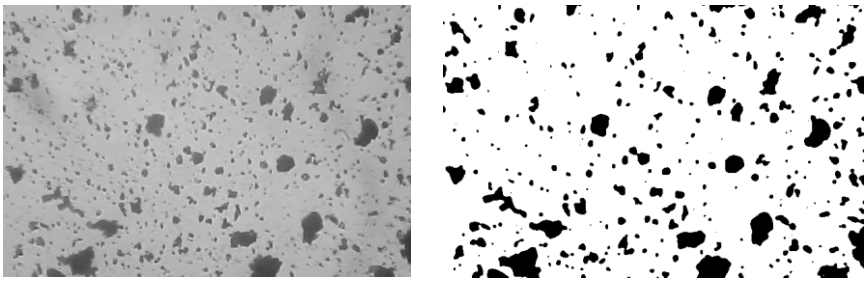


Рисунок 1 – Исходное и обработанное в программе ImageJ изображения порошка

Полученные фотографии обрабатывались программой MathCad, считывающей файл изображения и вычисляющей общую длину контура частиц, и в результате получали значения Хаусдорфовой фрактальной размерности. Несмотря на простоту, алгоритм может давать вполне приемлемый результат. Для кривой Коха он дает значение 1,25 (теоретическое значение 1,27). Однако, из-за необходимости предварительной подготовки изображений реальных объектов (бинаризация, сегментация, удаления фоновых помех и др.) этот метод оказался малоэффективным. Поэтому использовали имеющуюся в открытом доступе специальную программу ImageJ с плагинами FracLac и Fiji, которая обеспечивает управляемую коррекцию изображений, стандартизацию операций преобразования рисунков и вычисление мультифрактальных спектров.

Габаритные размеры частиц произвольной формы удобно представить через диаметр Ферета (наибольшее расстояние между двумя точками на контуре). Результаты статистического анализа частиц позволили вычислить функцию их нормального распределения по диаметрам Ферета, показанную на рис. 2.

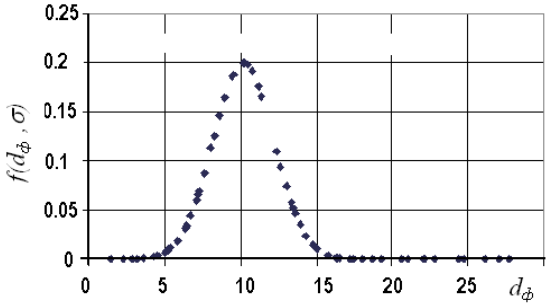
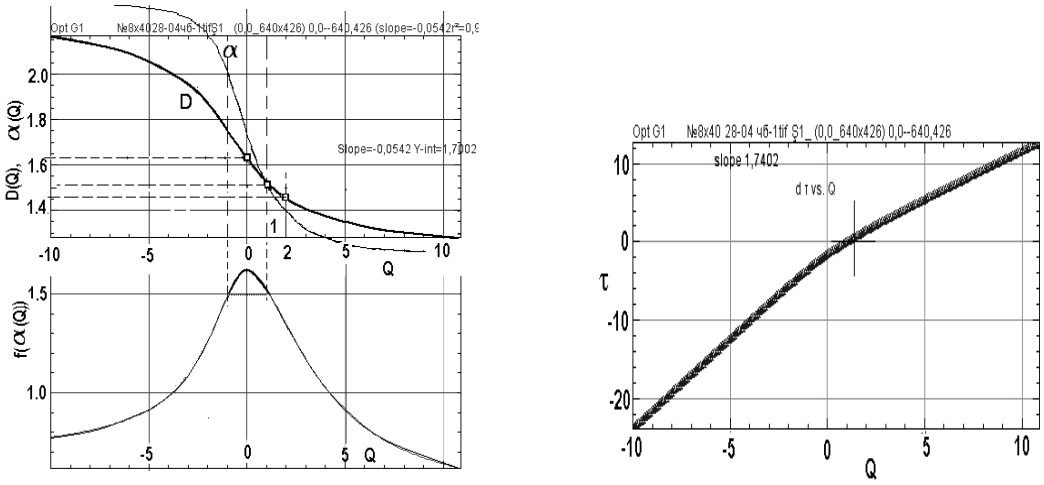


Рисунок 2 – Дифференциальная функция нормального распределения частиц по диаметру Ферета dФ при среднеквадратичном отклонении σ=2

Среднее значение диаметра Ферета составило 10,18 пикселей или 3,40 мкм. Примерно такие же значения получались и по другим типам порошков гидроксида железа. Очевидно, это предельный размер, до которого можно механически диспергировать порошок. Предел соответствует примерному равенству энергии разрушения агломератов и возрастающей при дроблении поверхностной энергии частиц. Очевидно, что все частицы в системе представляют собой агломераты из кристаллов. Даже свежеосажденные гидроксиды обладают некоторым уровнем кристалличности, а высушенные и тем более восстановленные при высоких температурах порошки имеют четко выраженную кристаллическую структуру. Строение агломератов всех размеров должно отражать

генетическую связь со строением единичных кристаллов, и эта связь может проявляться в существовании фрактальных свойств самоподобия.

Оптимизированные фрактальные спектры, полученные статистической обработкой, имели типичную для мультифракталов форму дифференциальной функции распределения вероятностей. Важным критерием является наличие нелинейности (излома) на мультифрактальных спектрах, что также указывает на существование фрактальных свойств структуры (рис. 3а). При этом значение Хаусдорфовой фрактальной размерности в области изгибов на зависимостях полученных мультифрактальных спектров соответствовало величине, определяемой по другим спектрам. Для регулярных фракталов или нефракталов этот спектр имеет вид прямой линии (рис. 3б).



(а) (б)

Рисунок 3 – Оптимизированные мультифрактальные спектры D(Q), α(Q) и f(α(Q)) для порошка восстановленного гидроксида железа (а) и мультифрактальный спектр функции τ(Q) для нефракталов (б)

Алгоритм обрабатывает серии фрагментов изображения (случайные или заданные размеры выборок, их форма и количество, повороты фрагментов и т.д.) и отбирает оптимальный вариант, в котором значения функции в максимуме плавно стыкуются без деформаций. Вид этой функции, полученной после статистической обработки данных, служит критерием качества оптимальной выборки, по данным которой и делается вывод о типе структуры (рис. 4). Результаты получаются методом подсчета количества непустых ячеек в наложенных сетках с уменьшающимся размером ячейки.

Другой способ фрактального анализа основан на подсчете количества рабочих пикселей, составляющих изображения, в ячейках меняющихся сеток. Сравнение некоторых данных расчетов обоими способами дает достаточно близкие значения Хаусдорфовой размерности в интервале 1,6633-1,6956 с коэффициентом корреляции 0,9889 (рис. 5).

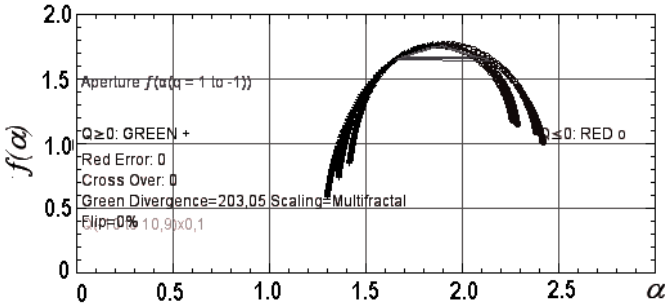


Рисунок 4 – Серия из 4-х спектров функции f(α) для фрагментов (выборок), полученных разделением изображения (рис. 1) на 4 части по серединам осей

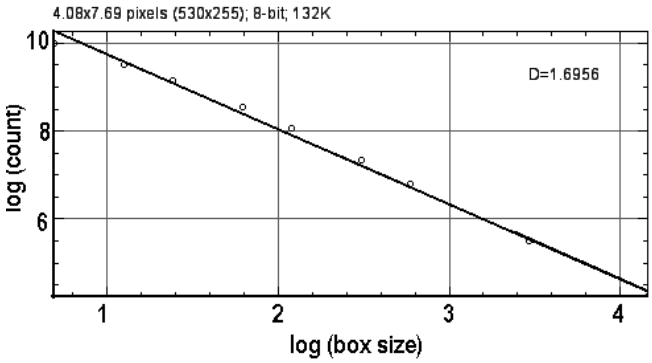


Рисунок 5 – Расчет хаусдорфовой фрактальной размерности по количеству пикселей в сетках с меняющимся размером ячейки

Выводы. Таким образом, статистический анализ фотографий порошка гидроксида железа, выполненный с помощью программ ImageJ и FracLac, дает обоснованное заключение о наличии у него фрактальных свойств самоподобия. Это указывает на существование элементов воспроизведения структуры кристаллической основы в процессе образования новых фаз при высокотемпературном восстановлении гидроксида. Базовая структура в определенной мере сохраняется как при образовании агломератов в процессе синтеза, так и при их механическом разрушении. Заключение о наличии фрактальных свойств и количественных параметрах сделано на основании результатов статистической обработки изображений множества частиц. Точность и достоверность оценок в соответствии с известными статистическими закономерностями увеличивается по мере возрастания количества частиц (и количества изображений) и набора методов обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошель Н.Д., Костыря М.В., Корпач С.В. Мультифрактальный анализ порошков гидроксидов железа // Вопросы химии и химической технологии. – 2018. – № 1. – С. 22 – 30.

2. Кошель Н.Д., Костыря М.В., Корпач С.В. Оценка характеристик активного материала железного электрода щелочного аккумулятора для транспортных систем // Сборник материалов XV Международной конференции «Проблемы механики железнодорожного транспорта» – г. Днепр (Украина). – 2020. – С.50 – 54.

3. Кошель Н.Д. Моделирование роста фрактальных дендритных кластеров при электрохимическом осаждении металлов // Электрохимия. – 1997. – Т. 33. – № 8. – С. 897-902.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ МАГЛЕВ ТРАНСПОРТА

Лаврич Ю.Н., Плаксин С.В., Погорелая Л.М., Подчасов А.Ю.
Институт транспортних систем и технологий НАН Украины
(Украина)

Любая система энергетического обеспечения представляет собой совокупность разнородных энергосистем, соединенных между собой и связанных общностью режима в процессе производства, преобразования и распределения энергии при общей системе управления этим режимом. Современные тенденции развития электроэнергетических систем связаны с широкомасштабным внедрением возобновляемых источников энергии. Система энергообеспечения Маглев транспортной системы использует как солнечную энергию, которой свойственно непостоянство во времени и мощности, а также энергосети территорий, по которым проходит магистраль, что делает процесс энергообеспечения зависящим как минимум от двух, а реально намного больше, факторов, что недопустимо для высокоскоростного транспорта [1].

Существующая кольцевая система энергообеспечения Маглев транспортной систем является потребителем и производителем электроэнергии одновременно [2], реализует сам принцип магнитной левитации, обеспечивая функционирование активной путевой структуры (АПС) и подвижного состава, однако, вполне понятно, что ее эффективность зависит от многих, в том числе и от внешних, условий. Поэтому актуальной задачей в таких системах является создание условий гарантированного функционирования энергосистемы Маглев транспорта.

Система энергообеспечения Маглев транспортной системы должна обеспечить взаиморезервирование всех существующих источников энергообеспечения, обеспечив разнонаправленную передачу электрической энергии.

Обеспечение устойчивого прогнозированного энергоснабжения Маглев транспортной системы невозможно без перехода системы электрообеспечения на новую технологическую платформу, основанную на концепции интеллектуальных сетей (Smart Grid). Эта концепция предусматривает широкое применение устройств распределенной генерации, которые могут работать на базе возобновляемых источников энергии параллельно с накопителями энергии (НЭ), которые при этом являются элементами интеллектуальных сетей [3]. Особое значение в системе имеет подсистема накопления энергии, обеспечивающая стабильное электропитание активной путевой структуры и играющая роль «энергетического демпфера» в обмене энергией с местными энергосетями.

С распространением альтернативной энергетики генерация становится все более децентрализованной, и сегодня уже нельзя точно определить место в энергосистеме, куда следует подключить НЭ, чтобы выровнять баланс, поэтому необходимо обеспечить децентрализованность как генерации, так и хранения электроэнергии.

НЭ должен состоять, по крайней мере, из блока управления потоком энергии регулирования и преобразования энергии из одного вида в другой и элемента накопителя. Реализация накопителя сегодня возможна посредством использования традиционных и литий – ионных аккумуляторов, суперконденсаторов, сверхпроводниковых индуктивных, маховичных и др.

Современные преобразовательные комплексы являются основой для оптимального взаимодействия питающей сети и нагрузки и, по сути, это активный субъект «умной» сети, позволяющий создавать адаптивную сетевую инфраструктуру.

В настоящее время существуют обратимые преобразователи на базе силовых полупроводниковых вентилей, которые позволяют работу преобразователя в режимах выпрямления или инвертора.

В отличие от существующих систем энергообеспечения Маглев - транспорта в Китае, Японии и др. странах, новая энергосистема, разрабатывается авторами как активная двунаправленная, обеспечивающая осуществление в реальном масштабе времени информационного обмена между всеми элементами сети. Для этого элементы сети должны постоянно обмениваться между собой информацией о параметрах электрической энергии, режимах потребления и генерации, количестве потребляемой энергии. Поэтому все устройства, входящие в новую архитектуру энергосистемы, должны быть оснащены техническими средствами, осуществляющими информационное взаимодействие.

Последовательное стремление повысить эффективность солнечной энергетики и достигнутые результаты научно-технических исследований, обозначили устойчивую тенденцию возможности использования космической энергетики для наземных потребителей. Для передачи электроэнергии из космоса на Землю предполагается использовать солнечные космические электростанции (СКЭС), применяя микроволновые беспроводные технологии канализации энергии с орбитального фрагмента СКЭС, преобразование которой осуществляется наземным фрагментом (НФ) СКЭС[4].

Конструктивно НФ выполняется в виде антенны (ректенны), формирует автономную энергосистему ПНФ . Доминирующей тенденцией построения современных энергосистем является построение интегрированных сетей, объединяющих традиционные и возобновляемые источники энергии.

Энергосистема НФ СКЭС становится новой энергосистемой, которая должна быть интегрированной в существующую энергосистему Маглев транспортной системы.

Вполне допустимо, что в среде, состоящей из разнородных компонентов, может возникнуть проблема их эффективного взаимодействия, т.е. интероперабельности. Роль интероперабельности, в настоящее время как никогда высока [5], а ее обеспечение – сложная научно-техническая задача, решение которой может достигаться построением единого информационного пространства, реализуя свойство бесшовной информационной интеграции отдельных элементов и подсистем. Построение объединенной системы ОЭС возможно лишь при реализации принципа интероперабильности, т.е. способности энергосистем работать в одной сети обмениваясь информацией и командами.

Создаваемая энергосистема ОЭС и каждый ее структурный элемент имеет, кроме подсистем генерации, ещё подсистемы передачи электроэнергии и обмена информацией. Именно обмен информацией в режиме реального времени позволит оперативно и гибко управлять спросом и предложением в энергосети, избегать перепадов характеристик сети, интегрировать в сеть генерирующие объекты на возобновляемых источниках энергии и осуществлять учет потребленной энергии. Программные средства энергосети ОЭС должны представлять собой иерархическую, рассредоточенную, распределенную микропроцессорную систему, состоящую из аппаратно и программно совместимых технических средств, объединенных локальными вычислительными сетями.

Новая архитектура системы энергообеспечения Маглев транспорта, к имеющимся кольцевой солнечной (КЭС) и типовой (ТЭС) энергосистемам магнитолевитационной магистрали, будет дополнена энергосистемой космической энергии НФ СКЭС.

Структурная схема объединенной энергосистемы ОЭС представлена на рис. 1.

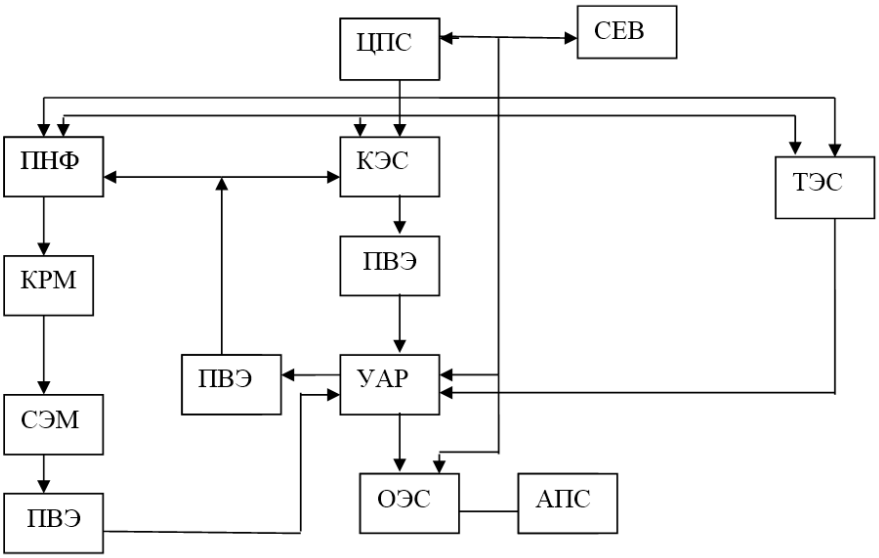


Рисунок 1 – Структурная схема объединенной интегрированной энергосистемы

Ректенна вырабатывает электрическую энергию преобразовывая микроволновую энергию орбитального фрагмента СКЭС, конструктивно представляет собой массив интегральных модулей, фактически является подстанцией наземного фрагмента (ПНФ) СКЭС. Выходное напряжение ректенных модулей малой мощности, поэтому для практического применения необходимо суммирования энергии всего массива модулей.

Для этого весь массив модулей ректенны программно делится на N секторов, каждый из которых состоит и M модулей. Для обеспечения суммирования мощностей модулей ректенны применены коммутаторы (КРМ) и сумматоры энергии (СЭМ) ректенных модулей, управляемых процессором (ЦПС) наземного фрагмента СКЭС.

Применение коммутаторов и сумматоров, управляемых процессором ЦПС, обеспечивает управляемую реконфигурацию массива модулей. Это позволяет более рационально использовать и наиболее эффективно распределять вырабатываемую электрическую энергию, значительно повысить надежность системы генерации и распределения в целом.

С выхода сумматоров СЭМ посредством преобразователя вида энергии (ПВЭ) энергия модулей ректенны преобразуется в переменное напряжение, которое через распределительное устройство системы генерации поступает на вход трансформаторной подстанции обьединенной энергосистемы (ОЭС) Маглев транспортной системы.

Привлечение НЭ в составе энергосистемы позволит реализовать практически безынерционное управляющее воздействие на изменение мощности накопителя энергии, что приводит к улучшению условий обеспечения динамической устойчивости и возможности ее сохранения без необходимости отключения генерирующего оборудования. Современное построение систем энергообеспечения предполагает необходимость НЭ у систем генерации, распределения и потребления. Поэтому в объединенной энергосистеме ОЭС Маглев транспорта накопители энергии являются важным элементом реализации эффективности всего процесса генерации, распределения и потребления. Поэтому преобразователи ПВЭ должны преобразовывать переменный ток в постоянный для заряда накопителей каждой из составных энергосистем, поддерживая постоянство мощности в объединенной энергосети.

Обеспечение единого времени и синхронизации (СЕВ) является неотъемлемым архитектурным компонентом ОЭС. Будучи неразрывно связанной с инфраструктурой передачи информации, СЕВ обеспечивает единство ведения времени на всех технических средствах ОЭС и выполняет две неразрывно связанные и дополняющие друг друга

обобщенные функции: календарную и инструментальную синхронизацию, которые реализуются за счет коммутационных и трансляционных механизмов.

Для обеспечения эффективного использования энергии как отдельных энергосистем, так и объединенной ОЭС Маглев транспорта, применено устройство анализа баланса произведенной и распределения потребленной энергии УАР, который используя данные датчиков составляет текущий баланс. УАР в своем составе содержит встроенные распределительные устройства всех энергосетей со сборными и соединительными шинами, коммутационными аппаратами, а также устройства защиты, автоматики всех энергосистем. Данные баланса УАР используются процессором сети ЦПС для управления процессом производства и распределения энергии как каждой отдельной энергосистемы, так и объединенной энергосистемы ОЭС.

ОЭС, с учетом баланса генерации и потребления, программно обеспечивает подключение (отключение) каждой из энергосистем в объединенную энергосистему ОЭС Маглев транспортной системы. Производя системный мониторинг баланса, новая энергосистема генерации, распределения и потребления энергии превращается в систему аккумулирования энергии.

Применение новой энергосети, практически независимой от внешних условий, энергетический потенциал которой исключает случайные кратковременные изменения мощности, обеспечивает динамическую устойчивость энергосистемы Маглев транспорта..

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзензерский В.А., Плаксин С.В., Толдаев В.Г., Шкиль Ю.В. Интеграция магнитолевитационной магистрали и распределённой солнечной электростанции.– Киев: Наук. думка, 2019. – 244 с.

2. Дзензерский В.А., Гниленко А.Б., Плаксин С.В. и др. Перспективная транспортно-энергетическая система на основе интеграции магнитолевитационной технологии и распределенной фотоэлектрической электростанции. – Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. – 2018. – Т. 73, № 1. – с. 77-86.

3. Zhuk A., Denschikov K., Fortov V., Sheindlin A., Wilc- zynskiet W. Hybrid energy storage system based on supercapacitors and Li-ion batteries // Journal of Applied Electrochemistry. 2014. Vol. 44. P. 543-550.

4. Дзензерский В.А., Гниленко А.Б., Плаксин С.В Орбитальный фрагмент фотоэлектрического энергокомплекса магнитолевитационной транспортной системы. Компьютерное моделирование и эксперимент.– К.: Наукова думка. – 2018. – 323 с.

5. Макаренко С.И., Олейников А.Я, Черницкая Т.Е. Модели интероперабельности информационных систем // Системы управления, связи и безопасности №4. 2019. С.215-245.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Лебедь О.М., Лебедь Н.І.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Одним з актуальних питань енергозбереження суднових електричних установок на транспорті є зниження витрат на електричну енергію шляхом поліпшення техніко-економічних показників технічних засобів водного транспорту.

Напівпровідникові силові діоди є невід'ємними елементами електричних установок. Застосування діодів дає можливість короткочасної роботи з перевантаженням по напрузі при аварійних режимах роботи перетворювачів, дозволяє збільшити надійність електричних схем і дає можливість зменшити потужність споживання енергії електричними установками.

Основним матеріалом для напівпровідникових діодів є кремній, однак ряд напівпровідникових матеріалів, таких як карбід кремнію, арсенід галію і інші більш перспективні.

Використання матеріалів з більшою, ніж у кремнію, величиною ширини забороненої зони дозволяє підвищити верхню межу робочих температур напівпровідникових приладів, при цьому більш високі пробивні напруги дають можливість приладам працювати при більшій потужності.

Високовольтні швидкодіючі p-i-n-діоди на основі GaAs служать невід'ємною частиною для управління тиристорного блоку перетворювача частоти на суднових установках.

Однак наявність в складі двох з'єднань веде до формування більш істотної дефектної структури в порівнянні з елементарними напівпровідниками. Один з істотних дефектів є дислокації.

Відомо, що дислокації часто є причинами підвищених струмів витоку, погіршення електричних характеристик і розвитку процесів деградації в різних напівпровідникових приладах. Механізми створення дислокацій при епітаксії з рідкої фази пов'язані з наслідуванням дислокацій з підкладки, а також, при використанні легування в процесі росту, з неузгодженістю параметрів решітки підкладки і епітаксійного шару при температурі епітаксії. Одним з можливих шляхів зниження щільності дислокацій в GaAs є ізовалентне легування, яке призводило до помітного зниження щільності дислокацій в епітаксійному шарі в порівнянні з вирощуванням з галієвих розчинів-розплавів [1].

Слід зазначити, що формування і-шару, при рідиннофазній епітаксії арсеніду галію, можливо при легуванні розчину-розплаву амфотерною домішкою поблизу температури інверсії (температура, при якій відбувається зміна типу провідності). Наявність температури інверсії дає можливість не тільки вирощувати p-n переходи, а й дає можливість також вирощувати високоомні сильно компенсовані ЕС поблизу температури інверсії [2].

Ми пропонуємо для формування і-шару p-i-n-діода, здійснювати рідиннофазну епітаксію за багатоциклічною температурно-часовою схемою процесу вирощування з використанням ізовалентного металу-розчинника вісмуту і амфотерною домішкою кремнію поблизу температури інверсії.

Епітаксійні шари вирощували шляхом примусового охолодження розчину-розплаву в вертикальному реакторі в атмосфері очищеного дифузією через паладієвий фільтр водню. Температура початку епітаксії становила 880ºС, швидкість охолодження - 0,5 ºС / хв, відстань між підкладками - 1,2 мм.

Застосовувався спеціальний режим охолодження, при перериванні процесу зростання, за рахунок використання явища природної конвекції.

Процес вирощування здійснювався за допомогою температурно-часової схеми, яка складається з 36 циклів [2]. Цикл являє собою: інтервал гомогенізації розчину-розплаву при 880ºС, інтервал кристалізації (охолодження) до 860ºС, інтервал гомогенізації розчину-розплаву при 860ºС, інтервал розчинення.

Структури мали усереднену щільність дислокацій порядку 10^3 $см^{-2}$, високооомну інверсійну і-область з концентрацією носіїв менше $2 \cdot 10^{14}$ $см^{-3}$, що також грає визначальну роль в досягненні високих значень зворотної пробивної напруги в високовольтних GaAs p-i-n структурах.

Таким чином, можна зробити висновок, що високоомні шари, одержувані з розчинів-розплавів на основі вісмуту, в поєднанні зі зниженням щільності дислокацій, при застосуванні спеціальних технологічних режимів вирощування, до значення 10^3 $см^{-2}$ показують перспективність застосування вісмуту в якості металу-розчинника для отримання p-in- структур арсеніду галію методом рідиннофазної епітаксії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баганов Е.А. Управление структурными свойствами GaAs при эпитаксии из жидкой фазы. / Е.А. Баганов, О.Н. Лебедь, В.Ф. Коваленко, С.В. Шутов // Вестник ХНТУ. - 2007 № 3(29). - С. 60-62.

2. Лебедь О.М. Спосіб отримання епітаксійних структур арсеніду галію для фотовольтаїчних детекторів рентгенівського діапазону випромінювання. / Лебедь О.М., Шутов С.В., Краснов В.О. // Патент на корисну модель № 39071. Заявка u200803868. Бюл.№3, 10.03.2009 р.

НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ПЛАНЕТАРНОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Леонов В.Е., Гуров А.А.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Техногенные системы, в частности морской транспорт, являются основными «поставщиками» компонентов «парниковых» газов, к которым относятся такие вещества и соединения как диоксид углерода, углеводороды, закись азота, органическая минеральная пыль, сажа, пары воды.

Постановка проблемы. Мнения ученых и экспертов по вопросу планетарного «парникового» эффекта диаметрально противоположны. И это, на наш взгляд, под собой имеет основу. Действительно, чтобы ответить на простой вопрос, есть ли «парниковый» эффект на планете или его нет, необходимо иметь достоверные материалы, полученные в результате научно-исследовательских работ. Провести же эксперименты в глобальном масштабе планеты и космоса в направлении изучения «парникового» эффекта на современном этапе не представляется возможным. Поэтому работа проводится по предложенным гипотетическим моделям. В расчетных исследованиях используются методы математического моделирования, на основании которых избирательно делаются выводы о наличии или отсутствии «парникового» эффекта на Земле. Недостаток любых предложенных моделей «парникового» эффекта – это отсутствие и/или невозможность проверки их на адекватность в реальных условиях эксперимента на планете и в космосе.

Актуальность исследований. В работах [1, 2] приведен подробный анализ возможных причин возникновения и последствий «парникового» эффекта.

Ученые из Калифорнийского университета в Ирвине (США) сообщили об угрозе потопа для 400 млн. человек из-за потепления, «парникового» эффекта [3]. Таяние ледников Гренландии значительно подняло уровень Мирового океана – за два месяца он увеличился на 2,2 мм. Причиной тому стало таяние более 600 млрд. тонн льда. Эти процессы сопровождало слишком теплое лето 2019 года, лед в Гренландии стал таять в семь раз быстрее, чем это было в 90-х годах прошлого столетия.

Содержание диоксида углерода в атмосфере Земли в августе 2019 года увеличилось на три пункта относительно аналогичного показателя 2018 года, а это значит, что человечество не может сократить выбросы CO_2 в атмосферу и затормозить глобальное потепление, заявили в Национальном управлении по аэронавтике и космосу (НАСА, США) [4].

Специалисты НАСА подтвердили точность недавно полученных данных по температуре воздушного слоя у поверхности моря, суши, и ледяного покрова с помощью спутника Aqua, свидетельствующих о быстром глобальном потеплении (пресс-релиз на сайте Eurek Alert). Согласно модельным расчетам ученых, если не будет предпринято никаких мер к снижению выбросов «парниковых» газов, то к концу XXI века температура морской воды в верхнем слое толщиной в 2000 м повысится на 0,78°С. Это повысит уровень мирового океана только за счет теплового объемного расширения на дополнительные 30 см вдобавок к подъему уровня береговой линии морской акватории из-за таяния ледников. Повышение температуры морской среды и воздушного бассейна спровоцирует более сильные штормы, ураганы и экстремальные осадки.

Ученые Торонтского университета (Канада) выяснили, что потепление климата в регионе Юкон на северо-западе Канады стало самым сильным за более чем десять тысяч лет (пресс-релиз на сайте Eurek Alert). Исследователи считают, что потепление климата на

Земле может дестабилизировать вечную мерзлоту, что приведет к еще большим выбросам метана и диоксида углерода – основных компонентов «парниковых» газов.

В работах [5, 7, 8] ученые предлагают распылять в атмосферу воздушного бассейна аэрозоли так, чтобы уменьшить потепление на 50%. Идея сама по себе не нова, имеет ряд недостатков. Исследователи создали модель геоинженерии направленного воздействия на климат Земли с распылением в стратосфере аэрозолей. В модели ученых в качестве аэрозоля рассматривался диоксид серы. Отмечено, что эта мера не решит проблему глобального потепления в целом, но может рассматриваться только как часть комплексного подхода.

В качестве комментария авторов настоящей статьи можно предложить следующее:

1) откуда взять в огромных количествах планетарного масштаба диоксид серы в качестве защитного аэрозоля;

2) диоксид серы в стратосферном слое атмосферы подвергнется окислению активным окислителем озоном до серного ангидрида, а серный ангидрид при взаимодействии с парами воды, содержащимися в атмосферном воздухе, приведет к образованию серной кислоты.

В результате, не решив проблему глобального потепления Земли, данное предложение приведет и к усилению двух других глобальных проблем – разрушению «озонового слоя» планеты и интенсификации «кислотных» дождей.

Итоги – без сокращения техногенных выбросов компонентов «парниковых» газов не обойтись и не решить глобальную проблему потепления климата на планете.

Новизна. Нами в порядке дискуссии проведен анализ за последние 60 лет, расчетные исследования по накоплению диоксида углерода – основного компонента «парниковых» газов на планете. Этот период времени был принят исходя из того, что именно он характеризовался наиболее интенсивным потреблением углеводородного сырья невозобновимого характера (нефть, природный газ, уголь, сланцы) и, соответственно, наибольшей эмиссией диоксида углерода в атмосферу и окружающую среду. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

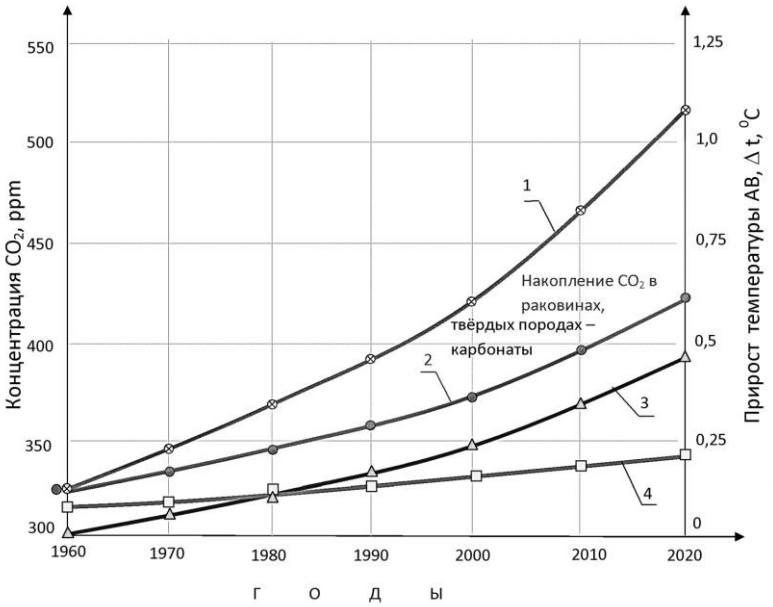


Рисунок 1 – Изменение концентрации диоксида углерода и среднегодового прироста температуры атмосферного воздуха в зависимости от времени (годы): кривая 1 – общее антропогенное накопление CO_2; кривая 2 – антропогенное накопление CO_2 в атмосферном воздухе; кривая 3 – среднегодовой прирост температуры атмосферного воздуха; кривая 4 – природное накопление CO_2 в атмосферном воздухе

Условные обозначения: ppm-parts per million (Engl.), одна частица на миллион; Δt – среднегодовой прирост температуры атмосферного воздуха, °С; АВ – атмосферный воздух.

Основной материал. Диоксид углерода независимо от природы его образования может аккумулироваться в раковинах, твердых, горных породах с образованием карбонатов, растворяться в морской воде, участвовать в реакциях фотосинтеза, а излишки диоксида углерода накапливаются в атмосферном воздухе.

Динамика интенсивного увеличения суммарной концентрации диоксида углерода в окружающей среде (кривая 1, рис. 1) полностью согласуется с интенсивным расходованием углеводородного сырья за аналогичный период времени. Кривая 2 (рис. 1) характеризует динамику роста концентрации диоксида углерода в атмосферном воздухе, включающей в себя два источника образования диоксида углерода – антропогенный (преобладающий) и природный (кривая 4, рис. 1). Нами было обнаружено, что кривая 2 (рост концентрации CO_2 в атмосферном воздухе) и кривая 3 (среднегодовой прирост температуры атмосферного воздуха за этот же промежуток времени) практически параллельны (конгруэнтны), что свидетельствует о связи накопления CO_2 в атмосферном воздухе со среднегодовым приростом температуры атмосферного воздуха. А это, в свою очередь, определяет роль диоксида углерода как основного компонента «парниковых» газов, стимулирующих «парниковый» эффект, приводящий к потеплению климата на планете.

Интересным, на наш взгляд, является характер изменения природной концентрации CO_2 в атмосферном воздухе, почему происходит монотонный рост концентрации CO_2 за анализируемый промежуток времени. Можно с высокой степенью достоверности предположить, что за указанный промежуток времени в результате действий человека и техногенных систем органическая база для реакции фотосинтеза (лесные массивы, сине-зеленые водоросли) исчерпывается, ингибируется, что приводит к снижению продуктивности реакции фотосинтеза и, как следствие, к уменьшению массы вовлеченного в реакцию фотосинтеза диоксида углерода. Излишки природного диоксида углерода накапливаются в атмосферном воздухе, что согласуется с ходом зависимости кривой 4 (рис. 1).

На основании вышеизложенного о техногенных предпосылках возникновения и интенсификации «парникового» эффекта можно предложить «сценарий» влияния изменения климата планеты на окружающую среду, экосистемы, биоту, биомы, биосферу, человека [6].

Предложенная модель имеет гипотетический характер, но в ее основе лежат косвенные подтверждения климатического феномена по данным изменения некоторых метеорологических параметров окружающей среды за длительный промежуток времени.

В 2015 году в Ле Бурже (Франция) состоялся международный климатический саммит COP-21, который был посвящен проблеме потепления климата на планете и разработке путей преодоления этого кризиса [7–10]. Более 137 государств мира подписали итоговый Протокол этого саммита.

«Судоходству необходимо какое-то прогрессивное экологическое законодательство, – считает Дж. Карнерап Бэнг, старший эксперт по климату в датской компании Maersk Group. – Оно должно быть всеобщим, независимым от флага и контролируемым Международной морской организацией. Концепция COP-21 должна стать отправной точкой для его выработки» [11-13].

Исключить эмиссию компонентов «парниковых» газов при использовании углеводородного сырья (УС) невозможно.

Ресурсосберегающие технологии позволяют, с одной стороны, снизить удельный расход УС, а с другой – снизить выбросы материальных и уровень энергетических отходов техногенных систем.

Ниже приведены технические предложения, которые позволят снизить эмиссию диоксида углерода и, соответственно, снизить действие «парникового» эффекта:

1. Разработка и реализация малоотходных, ресурсосберегающих технологий, позволяющих снизить образование материальных отходов и, как следствие, снизить выбросы диоксида углерода.
2. Извлечение, концентрирование, сбор, перевод в жидкое агрегатное состояние, хранение и транспортировку сжиженного диоксида углерода.
3. Химическая переработка диоксида углерода методом каталитического гидрирования в метанол [14] и на основе метанола производство пластических масс, карбамидо-формальдегидных смол, карбоновых кислот, удобрений, фармацевтической продукции, высокооктановых компонентов моторного топлива, водорода, этилена, белкововитаминного концентрата, ингибитора гидратообразования при добыче углеводородных газов.

В Херсонской государственной морской академии проводятся научно-исследовательские, опытные и опытно-промышленные работы по разработке ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий и использованию неуглеводородного сырья (НУС) для обеспечения функционирования техногенных систем (научный руководитель профессор Леонов В.Е.).

Бассейн Черного моря является мощным источником нетрадиционных энергоресурсов, а именно: сероводорода и донных кристаллогидратов.

Сероводород, содержащийся в бассейне Черного моря, представляет огромную потенциальную опасность для стран Причерноморья [1, 2].

Научно-технические проблемы широкого использования сероводорода для производства моторных топлив и химических соединений включают следующие стадии [15]:

− глубоководная добыча сероводорода;

− эффективная переработка сероводорода в моторное топливо и химические соединения.

Нами разработано оригинальное техническое решение по глубоководной морской добыче сероводорода (до≈10000 м). Решение защищено патентом Украины [16].

При комплексной добыче и переработке сероводорода Черного моря решаются основные проблемы экологической безопасности, экономической целесообразности, ресурсосбережения, защиты морской окружающей среды:

1) снижается потенциальная опасность «прорыва» через толщу морской воды токсичного, взрывопожароопасного сероводорода;

2) снижается зависимость стран от импорта углеводородных энергоносителей;

3) резко снижается социально-экономический и экологический ущерб окружающей среде стран Причерноморья.

Завершающаяся эпоха углеводородного сырья характеризуется существенным «сдвигом» цивилизации в сторону неустойчивого развития общества [1, 2]. Эта неустойчивость характеризуется существенным влиянием «парникового» эффекта, разрушением озонового слоя планеты и экосистем, интенсивным исчерпыванием невозобновимых и возобновимых источников энергии, кислорода, природной пресной воды.

Для снижения эмиссии углеводородов (УВ) в атмосферу в процессе эксплуатации танкеров, газовозов, химогазовозов, метановозов разработаны к практической реализации на морском транспорте инновационные технические решения [2, 15].

Выводы:

1. Потери УВ при транспортировке и хранении нефтепродуктов имеют два отрицательных вектора – экономический и экологический.
2. Проведены исследования по поглощению паров углеводородов в статических и динамических условиях.

3. Разработаны ресурсосберегающие технологии поглощения УВ из паровоздушных сред.

4. Проведены опытно-промышленные испытания процесса поглощения УВ.

5. Разработаны технико-экономические соображения целесообразности внедрения технологии утилизации паров углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов В.Е, Ходаковский В.Ф., Куликова Л.Б. Основы экологии и охрана окружающей среды: Монография / под редакцией д.т.н., профессора В.Е. Леонова. – Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2010. – 352 с.:

2. Леонов В.Е. Экология и охрана окружающей среды. / В.Е. Леонов., А.В. Ходаковский // Учебное пособие / под редакцией д. т. н., профессора Леонова В.Е. – Херсон: Издательство ХГМА. – 2016. – 352 с.: рос. мовою-ISBN 978-966-2245-34-9.

3. Изменение климата достигло катастрофических масштабов. https://news.rambler.ru/tech/45673808 - izmenenie-klimata-dostig...25.01.2021.

4. Содержание углекислого газа в атмосфере Земли значительно выросло. Деловая газета «Взгляд». 19.09 2019.

5. Антоненко Я.О. Глобальна проблема парникового ефекту:наслідки та шляхи виришення. Мат-ли 4-ой Міжнар. Наук.-практ. конф. - 2017, с.13-15. http://nasoa. edu.ua.

6. V. Leonov, A. Gurov. «Greenhouse effect». Fiction or result of the prolonged action of the technogenic systems? The scientific heritage (Hungary).- 2021, vol.1, № 60(60), p. 29-39. Doi: 10.24412/9215-0365-2021-60-1-29-39.

7. Романов Э.В., Лелецкий А.В., Лабунин К.А. Парниковый эффект: причины, последствия, способы оптимизации. Орел: Вестник Орловского государственного университета имени И.С.Тургенева.-2019.- с13-18.- cyberleninka.ru.

8. Мелешко В.Л., Катцов В.М., Спорышев П.В. и др. Изучение возможных изменений климата с помощью моделей общей циркуляции атмосферы и океана. Изменения климата и их последствия. Спб: Наука.-2002.

9. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Абдурасулова Н.А. Изменение концентрации углекислого газа в атмосферном воздухе города Душанбе. Вестник Таджикского технического университета. 2011, №3, с. 9-15.

10. Аламанов С.К., Лелевкин В.М., Подрезов О.А. и др. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Учебный курс для студентов. Москва-Бишкек: UNEP, WWF России. 2006.-188 с.

11. MEPC 65/INF.17 IMO Model Course on Energy-Efficient Operation of Ships. – London: World Maritime University, 2013. – 61 p.

12. Thalis Zis.H. Angeloudis and Michel G.H. Bell. Economic and Environmental Trade-Offs in Water Transportation. Springer International Publishing Switzerland/ 2015.-p. 159-165. DOI 13. 1007/978-3-319-17181-4_10.

13. D.A. Hensher. B.Faqhimnia/Green logistics and Transportation. Greening of Industry Networks Studies 4. Springer International Publishing Switzerland/ 2015.-p/ 131-145. DOI 10. 1007/978-3-319-17181-4_8.

14. Караваев М.М., Леонов В.Е., Попов И.Г., Шепелев Е.Т. Технология синтетического метанола. Монография / под редакцией профессора М. М. Караваева / – М.: Химия, 1984. – 240 с.

15. Леонов В.Е. Современные методы исследований и обработки экспериментальных данных: Монография / В.Е. Леонов, В.В. Чернявский / под редакцией д.т.н., профессора В.Е. Леонова. – Херсон: ХГМА, 2020. – 520 с.: ил. ISBN 978-966-2245-60-8.

16. Лєонов В.Є., Гацан В.А., Гацан О.А. Патент України на винахід № 92422 «Плавучий комплекс для глибоководного видобутку сірководню із морської води і спосіб запуску плавучого комплексу». Патент України на винахід від 25.10.2010.

ПЛАСТИЧНОСТЬ ДОДЕКАБОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА UB_{12}

Одинцов В.В.
Херсонский морской институт последипломного образования им. Ф.Ф.Ушакова (Украина)

Введение. Соединения металлов с бором – бориды – представляют важный и обширный класс неорганических соединений, отличающихся тугоплавкостью, высокой химической стойкостью в различных агрессивных средах, а также металлоподобностью, выражающейся в их высокой электро- и теплопроводности, магнитных свойствах, поглощении тепловых нейтронов, в специфической электронной структуре.

Бориды представляют исключительно широкие возможности для многовариантного комбинирования связей металл – металл, металл – бор, бор – бор, что приводит к образованию различных кристаллических структур боридов: от боридов с изолированными атомами бора, до боридов с цепями из атомов бора, со смешанными элементами из атомов бора, сетками из атомов бора, бориды с каркасом из атомов бора (тетра-, чекса-, додекабориды, высшие бориды) [1].

Среди высших боридов с каркасной структурой можно выделить кубические додекабориды со структурой типа UB_{12}. Как установлено четко получены такие фазы для редкоземельных металлов иттриевой подгруппы циркония и урана: YB_{12}, TbB_{12}, DyB_{12}, HoB_{12}, ErB_2, TmB_{12}, YbB_{12}, LuB_{12}, ZrB_{12}, UB_{12}.

Структуру UB_{12} можно вывести из структуры NaCl, если поместить вместо атомов натрия атомы урана, а вместо атомов хлора комплексы B_{12}. Многообразие структурных типов боридов определяется способностью атомов бора образовывать связи бор – бор, упрочняющиеся с усложнением структуры комплексов из атомов бора в боридах.

Цель исследования. Физические свойства этого класса изоморфных боридов изучены еще недостаточно, особенно это относится к механическим свойствам, на что и следует обратить внимание.

Нами методом боротермического восстановления в вакууме были получены однофазные додекаборидные фазы YB_{12}, TbB_{12}, DyB_{12}, HoB_{12}, ErB_2, TmB_{12}, YbB_{12}, LuB_{12}, ZrB_{12}, UB_{12} [2, 3]. Были изучены их электропроводность [4], теплопроводность [5], тепловое расширение [6], коэффициент термо ЭДС, химическая стойкость [7], работа выхода электронов [8], магнитные свойства [9] произведен расчет электронного строения методом ГО LKAO с учетом комплектования групповых орбиталей не только электрического состояния атомов бора, а и металических (основных и возбужденных) [10], изучены некоторые трибологические свойства [11]. Однако большой интерес представляют для этих соединений такой технологический параметр как пластичность. Ведь додекабориды как карбиды, нитриды и другие материалы – тугоплавкие соединения весьма хрупки [12]. Правда, в работе под редакцией А.М. Кузнецова, (Казанский государственный университет, 2000), указывается, что в боридах высокая твердость сочетается с пластическими свойствами [12], что не следует из известных литературных источников.

Нами на основе работ исследователей знаменитой Киевской «Политехники» Гончаровой О.В., ученых Киевского Института проблем материаловедения Мильмана Ю.В., Чугунова С.И. [13, 14], используя предложенную ими формулу характеристики пластичности:

$$\delta_H = 1 - 10{,}2\,(1 - V - 2\,V^2)\ H\mu/E$$

где: V – коэффициент Пуассона; Hμ – микротвердость; E – модуль Юнга, и наши результаты, была рассчитана эта характеристика для додекаборидов. Входящие в формулу значения параметров, полученные в результате наших исследований, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные механические свойства додекаборидов

Параметр	B	YB_{12}	TbB_{12}	DyB_{12}	HoB_{12}	ErB_2	TmB_{12}	YbB_{12}	LuB_{12}	ZrB_{12}
Коэффициент Пукссона	0,39	0,31	0,36	0,37	0,34	0,30	0,33	0,35	0,36	0,39
Модуль Юнга, ГПа	39	250	200	200	210	220	210	200	220	190
Микротвердость, ГПа	32	32	26	29	27	28	30	-	29	30

Расчеты показали, что параметр пластичности для додекаборидов редкоземельных металлов имеет значения 0,40; 0,60; 0,59; 0,44; 0,50; 0,48; 0,52; 0,56 для додекаборидов YB_{12}, TbB_{12}, DyB_{12}, HoB_{12}, ErB_2, TmB_{12}, LuB_{12}, ZrB_{12} соответственно.

Полученное значение параметра пластичности бора 0,60, что близко к таковым значениям для ковалентных кристаллов. А ведь бор как раз и характеризуется наличием сильных ковалентных связей между атомами.

Сравнивая значения параметра пластичности додекаборидов редкоземельных металлов со структурой типа UB_{12} и других материалов алмаз – 0,16, кремний – 0,3, германий – 0,42, карбид кремния – 0,32, LaB_6, - TiB_{12}, $ZrB_2 \approx 0,5$, по нашим расчетам $\approx 0,5$ для чистых металлов $0,9 < \delta < 1,0$, можно сделать вывод, что додекаборидные фазы редкоземельных металлов достаточно пластичны как и другие тугоплавкие соединения, значения их параметров пластичности близки к таковым для ковалентных кристаллов (0,44 – 0,34) [13].

Это подтверждается пониженной хрупкостью этих соединений. Изучение микротвердости додекаборидов показало, что при нагрузках на индектор 30, 50, 100, 150, 200 г на отпечатках при вдавливании пирамидки не наблюдаются трещины, сколы [15], поэтому установить коэффициент хрупкости по методике изложенной в работе [16] для додекаборидов РЗМ невозможно. Для других тугоплавких соединений эти сколы появляются уже при нагрузках более 50 т.

Выводы. Таким образом, можно согласиться с авторами, в том числе и профессором Кузнецовым А.М., что в боридах сочетается высокая твердость с пластическими свойствами. Такие обстоятельства позволяют использовать бориды в том числе и додекабориды, как абразивные материалы, обеспечивающие высокую чистоту обработки, материалов для режущих инструментов. Среди додекаборидов редкоземельных металлов по этим свойствам выделяют ZrB_{12} [17, 18].

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Г.В., Серебрякова Т.И., Неронов В.А. Бориды. – М.: Атомиздат, 1975.
2. Падерно Ю.Б., Одинцов В.В. Получение додекаборидов металлов боротермическим восстановлением окислов металлов. // Металлотермические процессы в химии и металлургии. – Новосибирск, 1971. – С. 39-42.
3. Мойсеенко Л.Л., Одинцов В.В., Ивашина Г.А. Особенности получения додекаборидов // Изв. Вузов Физика, №5 Ден № 859-77.
4. Падерно Ю.Б., Одинцов В.В. Исследование условий получения и электрофизические свойства додекаборидов. // Электронное строение и физические свойства твердого тела. – Киев: Наукова думка, - 1972, - С.112-119.
5. Одинцов В.В., Лесная М.И., Львов С.Н. Теплопроводность додекаборидов металлов со структурой типа UB_{12} // Атомная энергия, - 1973, №35. – 194с.
6. Падерно Ю.Б., Одинцов В.В. Термическое расширение додекаборидов металлов // Теплотехника высоких температур. – 1971. – С. 200-201.

7. Юхименко Е.В., Одинцов В.В., Котляр Е.Е., Падерно Ю.Б. Химическая устойчивость додекаборидов со структурой типа UB_{12} // Порошковая металлургия. – 1971, Т.107. №1. – С. 52-55.

8. Самсонов Г.В., Охремчук Л.Н., Подчерняева И.А., Фоменко В.С., Одинцов В.В. Работа выхода додекаборидов редкоземельных металлов. Сборник Международного симпозиума по бору. – Тбилиси, 1972. – С. 40-43.

9. Одинцов В.В. Магнитные свойства додекаборидов редкоземельных металлов в интервале температур 86 – 1200 К / В.В. Одинцов, Л.Л. Мойсеенко. Электронное строение и физико-химические свойства сплавов и соединений на основе переходных металлов. – Киев : Наукова думка, 1976. – С. 107-111.

10. Горячев Ю.М. Электронный спектр и физические свойства додекаборидов / Ю.М. Горячев, В.В. Одинцов, Ю.Б. Падерно. Металлофизика. – Киев : Наукова думка. Т. 37, 1971. – С. 29-36.

11. Odintsov V.V. Tribological Properties of Dodecaborides of Rare Earth Metals/ V.V. Odintsov, O.V. Korin/ Journal of Friction and weal, v.39, 2018, pp/ 483-486/.

12. Самсонов Г.В. Тугоплавкие соединения. Справочник / Г.В. Самсонов, В.С. Виницкий. – Москва : Металлургия, 1976.

13. Гончарова И.В. Определение методом индентирования физико-механических свойств материалов с различной кристаллической структурой // Физика твердого тела, 2007.

14. Мильман Ю.В. Характеристика пластичности определенная методом индентирования / Ю.В. Мильман, С.И. Чугунова, О.В. Гончарова. Вопросы атомной науки и техники. Серия Физика, 2011. №4. – С. 122-127.

15. Одинцов В.В. Твердость додекаборидов металлов со структурой типа UB_{12} . Неорганические материалы. Т.10, №2., 1974. – С.366-367.

16. Самсонов Г.В. Твердость и хрупкость металлоподобных соединений / Г.В. Самсонов, В.С. Нешпор, Л.М. Хренова. Физика металлов и металловедение. – Свердловск, Т.VIII, выпуск 4, 1959.

17. Адамовский А.А. Додекаборид циркония – эффективный абразивный материал / А.А. Адамовский, А.Б. Лященко, Ю.Б. Падерно. // Порошковые материалы. – 2003. - №6. – С. 60-65.

18. Падерно Ю.Б. Режущий материал на основе додекаборида циркония / Ю.Б. Падерно, А.А. Адамовский, А.Б. Лященко, В.Н. Падерно, В.Б. Филиппов, Ю.В. Найдиг // Порошковые материалы. – 2004. - №9-10. – С. 124-127.

DEVELOPMENT OF POLYSTYRENE-METAL COMPOSITE MATERIALS FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC AND IONIZING RADIATION

Prokhorenko E.M., Lytvynenko V.V.
Institute of Electrophysics and Radiation Technologies NAS of Ukraine
(Kharkov, Ukraine)
Zakharchenko A.A., Khazhmuradov M.A.
NSC «Kharkov Institute of Physics and Technology»
(Kharkov, Ukraine)

Introduction. Work of any mechanisms and equipment is accompanied by the increase of tension of the field of electromagnetic radiation. Also, during exploitation of marine and river fleets, devices the different sources of ionizing radiation are used in which are widely used. Thus, arises up in a necessity for protecting from an electromagnetic and ionizing radiation. Question of protecting from radiations it is necessary to decide as a complex task. A) To examine protection of biological objects, equipment and mechanisms directly. B) To study the problems of the use of different protective materials. C) To consider the economic aspects of protection (cost, simplicity of making, necessity).

Presently there is an enormous amount of devices and materials for protecting from an electromagnetic and ionizing radiation. However, constantly there are additional requirements to materials of radiation protection. It is related to that in the conditions of marine and river fleets there is isolation from the general system of protection and safety. When using protection materials and equipment on ships, due to various external conditions, they often work in extreme situations. Their modes of operation differ significantly from the standard modes. Also, modern standards more strictly regulate the requirements for protection.

Therefore, the issues of manufacturing new protective materials and improvement of existing ones is actual and remains in a center attention

Purpose of work. Development of polymer - metal radiation - protective composite materials. Creation of technology for the production of protective materials. Development of research methods for these materials. Experimental studies of electromagnetic and radiation-protective characteristics of composites during their exploitation in extreme conditions. Study of hardness, microstructural, mechanical, radiation-protective characteristics of composite materials. Comparison of experimental data with calculated results.

The main part. The creation of a composite material was based on the following technology. Combine the bonding base with a special filler. To create a volumetric matrix. After that, an additive of a material with high radiation-protective properties was introduced into the composition [1].

Polymers were used to create the bonding base. In our case, it was PSM-115 polystyrene (GOST 20282-86). Powdered aluminum was used to create a metal matrix (frame). In our case, we used powdered aluminum 6111, 2014 or ASD-6 (TU 1791-007-49421776-2011, ISO 209-1) [2].

The choice of aluminum was based on the fact that aluminum has a high surface chemical activity and is well wetted by polystyrene. In this case, we obtain the maximum connection between individual particles of aluminum powder and polystyrene. Therefore, a composite, consisting of polystyrene and aluminum possesses high strength characteristics. Tungsten PV-2 (TU 14-22-143-2000) or powder steel A182 (GOST 5950-2000) was used as a radiation-protective component. To determine the properties of a polymer-metal composite material, it is necessary to determine its main characteristics (hardness, radiation-protective indicators).

Conducting experiments and discussion of results. The composites were fabricated using Kuasy 100/25-1 and Windsor SP 80 apparatus [3]. The apparatus has been improved. We used aluminum with a particle size of 10-20 μm. Tungsten with a particle size of 50–60 μm was used as a radiation protective component. The steel powder particles were 230 μm in size.

The study of the radiation-protective characteristics of the composite materials was carried out on a ^{241}Am ionizing radiation source. The change in the photopeak of 59.54 keV was considered for the samples that were studied. The shape of the photopeak depended on the type of composite material. The sample with the maximum content of the tungsten component has the maximum protective properties.

Also applied the source of 152Eu. For determination of efficiency of radiation-protective properties of samples of composition materials a radiation from the source of 152Eu passed through samples.

Exact knowledge of radiation-protective descriptions of composition materials is needed for their practical application. The high coincidence of theoretical calculations and experimental measuring was in-process rotined. For the theoretical calculations of protective properties a few packages are developed. In our calculations the package of Geant4 was used v 4.9.6p03 [4]. In these calculations, the effect of ionizing radiation on a biological phantom was considered. The basic parameter of efficiency of protection is the relative attenuation of dose of ionizing radiation.

Based on numerical calculations, it was found that composite materials with the addition of a tungsten component make it possible to obtain the maximum attenuation of ionizing radiation.

Composite materials, where iron powder is used, have lower radiation-shielding characteristics. Therefore, the area of their application is more specific. Analogical results were got and from experimental researches.

Measuring of hardness of samples of composition materials was executed. A few parameters have influence on the value of parameter of hardness. Among them: a) the hardness of the surface coating, b) the hardness of the surface, c) the hardness of the material itself. In this case, hardness is associated with certain properties of composite materials. This is the resistance of composition material of remaining deformation. On hardness firmness depends to influence of pressure in process exploitation. Hardness is determining resistance to penetration deep into of composition material. Also the row of other characteristics of composite materials depends on hardness.

Hardness characteristics are closely related to the concept of strength. The strength parameter is a generalized characteristic of a composite material. The strength of composite materials makes it possible to assess their suitability for their specific tasks. Based on this parameter, we can calculate the optimal dimensions of radiation protective structures; determine the time of their operation

Thus, we measure and calculate the required characteristics of the composite. Therefore, we can select the required composite material. In this case, we will know all its characteristics.

Conclusions

1. Were made experimental samples of polystyrene - metal composite materials. Composites are designed to protect against electromagnetic and ionizing radiation.

2. The attenuation of gamma radiation from the ^{241}Am and ^{152}Eu sources after the passage of gamma quanta through the samples is experimentally investigated. Numerical calculations have found the values of the attenuation of gamma radiation for the samples that have been manufactured.

3. Comparison of the experimental data and theoretical calculations is executed.

4. Measuring of hardness is conducted for the samples of composition materials.

REFERENCES

1. Shruti Nambiar, John T.W. Yeow. Polymer-composite materials for radiation protection. // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2012, № 4, v 11, p. 5717–5726.

2. E.M. Prohorenko, A.A. Zaharchenko, A.I. Scrypnyk, M.A. Hazhmuratov, V.F. Klepikov, V.V. Lytvynenko. Improving of characteristics of composite materials for radiation biological protection. // Problems of atomic science and technology. 2013, № 3, v. 88, p. 240-243.

3. V.F. Klepikov, E.M. Prokhorenko, V.V. Lytvynenko, A.A. Zaharchenko, M.A. Hazhmuratov. Performance ratio hardness characteristics polystyrene-metal composite materials // Problems of atomic science and technology. 2015, № 5, v. 99, p. 36-42.

4. E.M. Prohorenko, V.V. Lytvynenko, A.A. Zaharchenko, M.A. Hazhmuratov, T.G. Prokhorenko. Studying the changes in the characteristics of radiation-protective composition materials in dependence on homogeneity of distributing of metal components. // Problems of atomic science and technology 2019, № 2, v. 120, p. 121-126.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ ПРИ РОЗМІРНІЙ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА ПОЧАТКОВИХ СТАДІЯХ ПРОЄКТУВАННЯ

Щедролосєв О.В., Терлич С.В., Коновалова Г.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. Під час експлуатації плавучих доків, які у наш час є найбільш розповсюдженим конструктивним типом суднопідіймальних споруд, простежується тенденція невідповідності розмірів доку судну, яке підлягає докуванню [1, с. 12]. Оскільки термін експлуатації плавучих доків приблизно в два рази більше терміну служби вантажних та промислових суден, для яких саме і проектувалися доки, то в силу прогресуючого збільшення розмірів та докової ваги суден, зазначені плавучі доки не можуть у багатьох випадках використовуватися для докування нових суден [2, с. 79]. Особливо актуально ця тенденція проявляється для рибопромислових суден та транспортних рефрижераторів [3, с. 13].

Шляхи вирішення таких задач можуть бути наступними:

- проектування та побудова нових доків;
- проведення модернізації існуючих доків із метою збільшення підіймальної сили або розмірів стапель-палуби та/або глибини занурення.

Деякі судноремонтні заводи вже здійснили таку розмірну модернізацію плавучих доків, практично збільшивши «доковий парк» у відповідних акваторіях [4, с. 51].

Розмірна модернізація має наступні основні напрямки:

- збільшення довжини стапель-палуби;
- збільшення ширини стапель-палуби;
- збільшення підіймальної сили;
- збільшення граничної глибини занурення.

Можливе також одночасне, повне та комбіноване рішення перерахованих вище напрямів модернізації плавучих доків. Розмірна модернізація у рівній мірі може розповсюджуватися не тільки на ремонтні, а також й на транспортні та передаточні плавучі доки.

У результатах дослідження наведено розрахункові залежності для визначення основних елементів та характеристик плавучих доків після їх розмірної модернізації на початкових стадіях проектування.

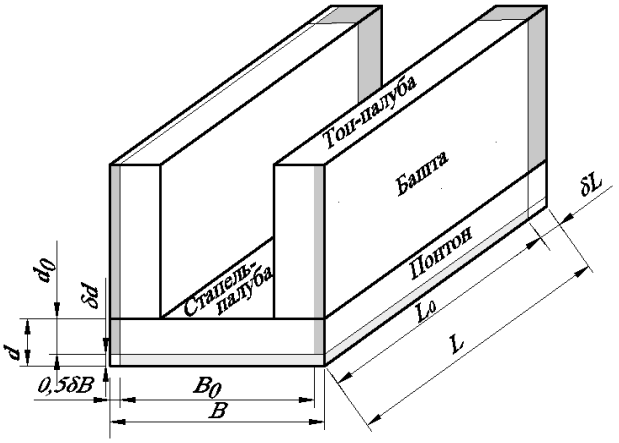


Рисунок 1 – Схема змінення плавучості понтону плавучого доку

Подовження плавучого доку. Із достатнім ступенем точності у першочергових розрахунках можна вважати, що при збільшенні доку із баштами на величину δL (рисунок 1) вагова водотоннажність Δ та підіймальна сила P збільшуватимуться прямо пропорційно відношенню довжини доку до та після його подовження $\left(\frac{L}{L_0}\right)$, тобто

$$P = P_0 \frac{L}{L_0} = P_0\left(1 + \frac{\delta L}{L_0}\right). \quad (1)$$

Тут та надалі індекс «0» відноситься до елементів плавучого дока до подовження. У випадку, якщо подовжується тільки понтон без подовження башт, величина підіймальної сили, розрахованою за залежністю (1), зросте на величину відсутньої ваги башт $P_Б$ (т), тоді

$$P = P_0\left(1 + \frac{\delta L}{L_0}\right) + P_Б . \quad (2)$$

Представляє інтерес змінення параметрів остійності доку при його подовженні. Прийняте у теорії проектування суден рівняння остійності справедливе також і для плавучих доків [5, с. 105]

$$h = z_c + r - z_g , \quad (3)$$

де h – поперечна метацентрична висота, м; z_c – апліката центру величини, м; r – поперечний метацентричний радіус, м; z_g – апліката центру тяжіння плавучого доку, м.

На практиці цікаві змінення окремих складових рівняння (3). Враховуючи прямокутну форму понтону плавучого доку, поперечний метацентричний радіус дорівнюватиме

$$r = \frac{I_x}{\nabla} = \frac{L \cdot B^3}{12} \cdot \frac{1}{\omega \cdot L} = C_M^2 \cdot \frac{1}{12 C_B d} , \quad (4)$$

де I_x – поперечний момент інерції площі ватерлінії, м^4; ∇ – об'ємна водотоннажність доку, м^3; ω – площа зануреної частини мідель-шпангоута, м^2; B – ширина доку, м; d – осадка понтону, м; C_B – коефіцієнт повноти зануреної частини мідель-шпангоута, $C_B = \frac{\omega}{B \cdot d}$.

Оскільки із залежності (4) зрозуміло, що величини, які до неї входять, не змінюються при збільшенні довжини плавучого доку, то величина поперечного метацентричного радіусу залишиться незмінною, тобто $r = r_0$. В той же час апліката центру величини також не змінюється і змінення метацентричної висоти залежатиме виключно від змінення аплікати центру тяжіння, а саме

$$\delta h = h - h_0 = z_g - z_{g0} . \quad (5)$$

Величина z_g залежить від аплікати центру тяжіння додаткової частини доку, а саме від того, чи подовжується виключно понтон та чи збільшується довжина башт, а крім того – від розміщення нового обладнання.

Збільшення ширини плавучого доку. При збільшенні ширини доку на величину δB (рисунок 1) його підіймальна сила збільшиться та складатиме

$$P = \gamma \cdot \omega \cdot L_0 - P_q , \quad (6)$$

де $\omega = (B + \delta B) d_0 C_B$. – площа зануреної частини мідель-шпангоуту, м; γ – питома вага забортної води, т/м3; B0 – ширина доку до ушире ня, м; δB – змінення ширини доку, м; d0 – осадка доку, м; CB – коефіцієнт повноти зануреної частини мідель-шпангоута; Pq – вага металоконструкцій дока із урахуванням обладнання після уширення, т.

У залежності (6) перший член уявляє собою вагову водотоннажність доку

$$\Delta = \gamma(B_0 + \delta B)d_0 C_B L_0. \quad (7)$$

Відношення величин водотоннажності після та до уширеня прийме вигляд

$$\frac{\Delta}{\Delta_0} = \frac{\gamma(B_0 + \delta B)d_0 C_B L_0}{\gamma B_0 d_0 C_B L_0} = 1 + \frac{\delta B}{B}. \quad (8)$$

Тоді нова водотоннажність визначиться як $\Delta = \Delta_0\left(1 + \frac{\delta B}{B}\right)$. Поперечний метацентричний радіус до уширеня дорівнює

$$r_0 = \frac{I_{x0}}{\nabla_0} = \frac{L_0 B_0^3}{12\nabla_0} = \frac{B_0^2}{12 C_B d_0}. \quad (9)$$

Та сама характеристика після уширеня складатиме

$$r = \frac{I_x}{\nabla} = \frac{(B_0 + \delta B)^2}{12 C_B d_0}, \quad (10)$$

або

$$r = r_0 \cdot \frac{(B_0 + \gamma B)^2}{B_0^2}. \quad (11)$$

Приймаючи із достатнім ступенем точності $z_{c0} \approx z_c$, величина змінення початкової метацентричної висоти буде дорівнювати

$$\delta h = h - h_0 = r - r_0 - z_g + z_{g0}. \quad (12)$$

Поперечна метацентрична висота доку після уширеня визначиться як

$$h = h_0 + r_0\left[\frac{(B_0 + \delta B)^2}{B_0^2} - 1\right]. \quad (13)$$

При відносно невеликому уширені, виключивши малі другого порядку, залежність (14) прийме вигляд

$$h = h_0 + r_0 \cdot \frac{2\delta B}{B_0} = h_0 + \frac{B_0 \delta B}{6 C_B d_0}. \quad (14)$$

Збільшення висоти понтону. У загальному вигляді підіймальна сила може бути збільшена шляхом змінення висоти понтону (рисунок 1)

$$d = d_0 + \delta d, \quad (15)$$

де d_0 – початкова осадка доку, м; δd – осадка, після збільшення висоти понтону, м.

Початкова підіймальна сила доку визначається різницею водотоннажності ваги понтону (6) та вагою

$$P_0 = \gamma \cdot B_0 \cdot d_0 \cdot C_B \cdot L_0 - P_q. \quad (16)$$

Підіймальна сила після збільшення висоти понтона складатиме

$$P = \gamma \cdot B_0(d_0 + \delta d)C_B \cdot L_0 - (P_q + P_Д), \quad (17)$$

де $P_Д$ – вага додатково встановлених конструкцій, т.

Апліката центру величини, враховуючи малу кілеватість днища, дорівнюватиме

$$z_c = \frac{d_0 + \delta d}{2}. \quad (18)$$

Співвідношення водотоннажностей доку після та до збільшення висоти понтону прийме вигляд

$$\frac{\Delta}{\Delta_0} = \frac{B_0(d_0 + \delta d)C_B \cdot d_0 \cdot L_0 \cdot \gamma}{B_0 \cdot d_0 \cdot C_B \cdot L_0 \cdot \gamma} = 1 + \frac{\delta d}{d_0}. \quad (19)$$

Тоді водотоннажність доку після модернізації складатиме

$$\Delta = \Delta_0 \left(1 + \frac{\delta d}{d_0} \right). \tag{20}$$

Поперечний метацентричний радіус прийме значення

$$r = \frac{I_{x0}}{\nabla} = \frac{I_{x0}}{\nabla_0 \left[1 + \frac{\delta d}{d_0} \right]}. \tag{21}$$

Величина I_{x0} залишиться незмінною.

Поперечна метацентрична висота з урахуванням залежностей (19) та (22) буде дорівнювати

$$h = \frac{(d_0 + \delta d)^2 \nabla_0 + 2 I_{x0} \cdot d_0}{2 \nabla_0 (d_0 + \delta d)} - z_g. \tag{22}$$

Висновок. Отримані у даному дослідженні співвідношення підіймальної сили, водотоннажності та параметрів остійності плавучого доку під час розмірної модернізації дають можливість проектанту швидко та достатньо точно оцінити на початкових стадіях проектування змінення основних характеристик у залежності від розмірів, які змінено.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слуцкий Н.Г. Строительство железобетонных плавучих сооружений в Украине [Текст] / Н.Г. Слуцкий, В.Ф. Маломан, А.С. Рашковский // Рыбное хозяйство Украины. Специальный выпуск «Морские технологии: проблемы и решения». – 2004. – Керчь: КГМИ, 2004. – №7. – С.11–14.

2. Рашковський О.С. Проектування, технологія і організація побудови композитних плавучих доків: Навчальний посібник [Текст] / О.С. Рашковський, О.В. Щедролосєв, Д.В. Єрмаков, О.М. Узлов. Під заг. ред. проф. О.С. Рашковського. – Миколаїв: РАЛ-поліграфія, 2015. – 254 с.

3. Слуцький М.Г. Розробка типоряду плавучих композитних доків для ремонту суден рибопромислового флоту [Текст] / М.Г. Слуцький, С.В. Терлич // Рибне господарство України. – 2008. – Керч: КДМТУ. – №1. – С.13–14.

4. Щедролосєв О.В. До питання побудови плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні [Текст] / О.В. Щедролосєв, К.В. Кириченко // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT-2020». – Херсон: ХДМА, 2020. – С. 50-53.

5. Проектировние, технология и организация строительства композитных плавучих доков [Текст] / [А.С. Рашковский, Н.Г. Слуцкий, В.Н. Коннов, А.В. Щедролосев, А.Н. Узлов]; под. науч. ред. А.С. Рашковского: Монография. – Николаев: НУК. – РАЛ-полиграфия, 2008. – 614 с.

СЕКЦІЯ:
КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ МОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ

Барильник-Куракова О.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. В умовах розбудови української держави винятково важливого значення набуває підготовка конкурентоспроможного, компетентного, висококваліфікованого у всіх сферах фахівця, такого, який би був активною і творчою особистістю, здатною адекватно оцінювати ситуацію, самостійно робити свій вибір, ставити й реалізовувати цілі й завдання.

Актуальність дослідження. Структура та зміст матеріалів Конвенції ПДНВ – 95 у порівнянні з тією, що діяла раніше, суттєво змінені в області вимог до рівня компетентності фахівців морської галузі, до системи контролю над забезпеченням та підтримкою необхідного рівня компетентності. Отже виникає потреба у такому результаті освіти, коли її кінцевим продуктом стає компетентність фахівця – актуалізована у певній професійній ситуації потенціальна дія. Зазначене дає всі підстави стверджувати, що шляхи впровадження та реалізації компетентнісного підходу в освітній процес ЗВО, зокрема морського профілю, є і нині актуальними і пріоритетним. Тобто необхідно переглянути традиційні уявлення про освітній процес, що дозволить наблизити якість підготовки фахівців морського профілю до сучасних вимог, до практики транспортного середовища, яка в свою чергу, також реформується.

Постановка задачі. Відмінною рисою компетентнісного підходу є перехід від «навчання на все життя» до «навчання протягом життя». Ступінь готовності випускників ЗВО до самоосвіти протягом всього життя залежить від розвитку в них уміння здійснювати самостійну освітню діяльність у процесі навчання. Таким чином, ключовим моментом в організації освітнього процесу у ЗВО із впровадженням компетентнісного підходу, є пошук та реалізація таких форм і методів навчання, в яких би акцент ставився на самостійній освітній діяльності студентів. Адже самостійна робота студентів, що розглядається в контексті їхньої самоосвіти, є найвищою формою навчальної діяльності

Результати досліджень. Аналіз науково-методичної літератури засвідчив, що на сучасному етапі розвитку вищої освіти переважна більшість ЗВО організовує освітній процес таким чином, щоб традиційне навчання мало підтримку дистанційним. Тобто наукова спільнота визнає, що сучасною і перспективною нині є змішана форма навчання. Більше того, запровадження даної форми навчання диктують ті зміни, що відбуваються у суспільстві у зв'язку із пандемією COVID-19, яка триває вже понад 2-х років. Сучасні моделі змішаного навчання проаналізовані у працях [1,2,3].

Реалізація змішаного навчання відбувається шляхом поєднання аудиторних занять з дистанційним навчанням з використання спеціальних систем управління навчанням (LMS). До останніх належать такі як Moodle, Canvas, Google classroom, Blackboard, Ispring та ін

У цьому плані вважаємо за доцільне зазначити, що з 2016 року Херсонська державна морська академія (далі ХДМА) активно впроваджує змішані форми навчання із застосуванням LMS MOODLE. Погоджуючись з думкою науковців [4], до переваг використання LMS MOODLE над іншими системами можна віднести такі: можливість вбудованих елементів, які дозволяють використовувати гейміфікований підхід; можливість реалізації мобільного навчання; можливість впровадження технології перевернутого навчання; можливість реалізації адаптивного навчання; можливість створення моделі сумісного та взаємонавчання з організацією зворотного зв'язку; можливість для аналітики освітнього процесу та інше.

Використання ж методів навчання, які б сприяли розвитку умінь самостійної навчальної діяльності, обумовлюється обраною моделлю навчання, яка має відповідати певним цілям і потребам. Нині у педагогіці виділяється три моделі навчання, зокрема змішаного навчання: пасивна (суб'єкт-об'єктна), активна (суб'єкт-суб'єктна) та інтерактивна (суб'єкт-об'єкт-суб'єктна) [5, 6]. Остання на сучасному етапі розвитку освіти науковцями визнана як така, що найбільш повно відповідає головному завданню освіти – формуванню творчої, конкурентоспроможної на ринку праці особистості. Реалізація суб'єкт-об'єкт-суб'єктної моделі можлива шляхом організації інтерактивного навчання. Особливість останнього полягає у тому, що воно засноване на власному досвіді здобувачів, їх прямій взаємодії із галуззю професійного досвіду, котрий вони засвоюють [7, с. 2].

Враховуючи вищезазначене, науково-педагогічними працівниками кафедри природничо-наукової підготовки ХДМА, були розроблені та активно впроваджуються в освітній процес електронні освітні курси (далі ЕОК) з дисципліни «Фізика» в LMS MOODLE. Це надало можливість впровадженню моделі навчання, що нині активно розвивається та поєднує в собі найкращі аспекти та переваги традиційного аудиторного та дистанційного навчання. ЕОК в ХДМА є основою для реалізації інтерактивної моделі навчання, що досягається шляхом впровадження технології «Перевернуте навчання».

Під час підготовки майбутніх фахівців морської галузі зі спеціалізацій: «Навігація і управління морськими суднами», «Управління судновими технічними системами і комплексами», «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики» у ХДМА передбачено вивчати такі розділи фізики: «Механіка», «Молекулярна фізика. Термодинаміка», «Електрика та магнетизм», «Оптика, квантова та ядерна фізика». У відповідності до вказаних розділів ЕОК з фізики поділяється на модулі, що складаються з таких елементів: необхідний теоретичний матеріал, дидактичні матеріали до практичних та лабораторних занять, матеріали для ефективної організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти, посилання на навчальні видання, які рекомендує викладач, гіперпосилання на зовнішні електронні джерела інформації, а також тестові завдання для організації проміжного та семестрового контролю. Вивчення матеріалу електронного курсу відбувається паралельно з очним навчанням.

Відомо, що освітній процес з фізики у ЗВО, зокрема морського профілю, передбачає організацію таких навчальних занять: лекції, практичні та лабораторні заняття. Враховуючи обмеження, які накладає на себе дане дослідження, зупинимось на реалізації компетентнісного підходу під час організації практичних занять.

Практичні заняття складають невід'ємну частину освітнього процесу з фізики. У зв'язку з цим важливо розуміти, що необхідно впроваджувати особливий підхід до організації діяльності здобувачів вищої освіти на практичних заняттях, як в аудиторії, так і під час самостійної роботи, яка реалізується шляхом дистанційного навчання в рамках розроблених ЕОК.

Таким чином, організації навчання в аудиторії передує самостійне засвоєння студентами певного об'єму матеріалу, спираючись на матеріали електронного курсу. При цьому самостійна робота студентів є керованою: з кожної теми в електронному середовищі містяться необхідний теоретичний матеріал, приклади розв'язування фізичних задач, алгоритми і послідовність виконання усіх завдань, які сприяють відпрацюванню навичок розв'язувати типові, стандартні задачі. Електронні курси містять всі необхідні освітні матеріали, до яких входять не лише тексти і графічні матеріали, а й додаткові матеріали у вигляді активних посилань на відповідні сторінки посібників, презентації, анімації, відеоролики, які сприяють кращому засвоєнню фізичних знань. Студенти мають можливість працювати з цими елементами у зручний для них час. Система LMS MOODLE дозволяє викладачеві контролювати результати роботи здобувачів вищої освіти, фіксуючи час роботи, виконання завдань та рівень підготовки в цілому. Під час роботи студенти мають можливість отримувати online консультацію викладача. Консультація проводиться

за програмою, яка є доступною викладачу фізики і користувачу. Запитання здобувачі вищої освіти на консультації задають у довільній формі. Відповіді вони також отримують у довільній формі. Зокрема, у якості відповіді може бути використано фрагмент навчального матеріалу, розміщеного в порталі, який студент з якоїсь причини не засвоїв. Окрім того студентам пропонується індивідуальна самостійна робота із завданнями з відповідями у вигляді файлу, який вони завантажують на сторінку курсу. Перевіривши ці завдання, викладач може оцінити рівень підготовки студентів до майбутнього аудиторного заняття.

На аудиторних заняттях студенти під керівництвом викладача застосовують отримані знання, уміння і навички під час розв'язування більш складних, нестандартних задач. В кінці заняття здобувачам вищої освіти пропонується короткочасна (15-20 хвилин) самостійна робота з теми, що була розглянута. Наявність даного етапу практичного заняття стимулює активність студентів на занятті, підтримує їх робочий тонус. Результати виконання самостійної роботи визначають ступінь оволодіння студентами матеріалу.

Висновки. На прикладі організації освітнього процесу з фізики у ЗВО морського профілю було розглянуто компетентнісний підхід. Обґрунтована необхідність впровадження змішаного навчання із застосуванням спеціальної системи управління навчанням (LMS MOODLE) шляхом реалізації інтерактивних форм навчання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Michael B. Horn , Heather Staker. The Blended Workbook: Learning to Design the Schools of our Future /Jul 26, 2017.

2. Blended: Using Disruptive Innovation to Improve Schools Oct 15, 2014 by Michael B. Horn, Heather Staker, Clayton M. Christensen.

3. Моделі змішаного навчання. Онлайн курс для вчителів та керівників шкіл про дистанційне навчання – [Електронний ресурс]. - https://www.youtube.com/watch?v=DIavxOqd2iI.

4. Cherniavskyi, V., Popova, H., Sherman, M., Voloshynov, S., & Yurzhenko, A. Mixed reality technologies as a tool to form professional competency of sea transport professionals. Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings, 2740, p. 217-231 (2020). www.scopus.com Last accessed 6 May 2021.

5. Классификация методов обучения по уровню активности учащихся [Електронний ресурс] - -https://studme.org/192675/meditsina/klassifikatsiya_metodov_obucheniya_urovnyu_aktivnosti_uchaschihsya_golant.

6. Ступина С.Б. Технологии интерактивного обучения в высшей школе: учебно-методическое пособие / С.Б.Ступина. - Саратов: Издательский центр «Наука», 2009. - 52 с.

7. Гущин Ю.В. Интерактивные методы обучения в высшей школе /Ю.В.Гущин // Психологический журнал. – 2012. - №2. - С. 1-18. [Електронний ресурс] - http://hist.isu.ru/ru/staff/teacher/docs/programmi_2015/grushin_interact.pdf.

ПРОБЛЕМА САМОЕФЕКТИВНОСТІ В НАУКОВИХ ПРАЦЯХ ДОСЛІДНИКІВ ЗАРУБІЖЖЯ

Дмитрищук Н.В.
Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського (Україна)

Відомо, що пріоритет у дослідженні проблеми самоефективності належить наступним вченим: А. Бандура, М. Єрусалим, Дж. Капаро, Е. Лангер, Дж. Маддукс, Дж. Роттер, Д. Сервон, Р. Шварцер, М. Шеєр і ін., які виявили прямий зв'язок між самоефективністю і прийняттям індивідом рішень, послідовність його дій, рівнем успішності професійної діяльності працівника. Характерною особливістю, яку виділяють більшість авторів, є те, що самоефективність є проявом впевненості особистості в своїх потенційних можливостях, здатності людини впливати на діяльнісну і соціальну ситуацію. Загальним для цих позицій виступає розуміння самоефективності як когнітивної спрямованості суб'єкта життєдіяльності [1, 2, 3].

А. Бандура стверджує, що самоефективність – є центральною детермінантою людської поведінки, яка достатньо точно може передбачати реальну поведінку людини і це є важливий когнітивний чинник, який впливає на поведінку людини, її результати за допомогою когнітивних, мотиваційних, афективних і фізіологічних процесів. Самоефективність - це переконаність людини в тому, що вона може управляти своєю поведінкою так, щоб вона була результативною, розуміння того, що особистість може досягти своїх цілей [2, 3].

Концепція самоефективності має тісний зв'язок із конструктом життєстійкості особистості С. Мадді (Maddi, Hightower, 1999), а також з психологічними теоріями: Дж. Роттера – локус-контроль (locus of control); Б. Вайнера - атрибутивна теорія мотивації; М. Селігмана – вивчена безпорадність (низька самоефективність); К. Двека - теорія орієнтації майстерності (висока самоефективність); У. Мішела - когнітивно-ефективна теорія; В. Ромека – теорія «упевненість у собі». Усі зазначені вчені підтверджують висновки А. Бандури, що переконаність людині в успішності виконання певної дії має важливий вплив на вибір адекватної поведінки.

У організаційної психології досліджено і підтверджено взаємозв'язок самоефективності зі ступенем активності і гнучкістю в діяльності (A. Nauta); Б. Шинс виявив зв'язок між професійною самоефективністю, виразністю лідерських якостей і готовністю до організаційних змін [8].

Групою американських психологів на чолі з М. Шеером і Дж. Маддуксом були виділені види самоефективності: самоефективність у сфері діяльності і в сфері спілкування. Самоефективність в діяльності - це уявлення і впевненість людини в тому, що свої знання, вміння, навички, досвід, вироблені раніше в конкретному виді діяльності, вона зможе застосувати в аналогічній діяльності в майбутньому і доб'ється при цьому успіху [1]. Самоефективність у спілкуванні - це поєднання уявлень людини про те, що він компетентний в спілкуванні, і його впевненість, що він зможе бути успішним комунікатором, конструктивно вирішувати комунікативні завдання [1]. Методика тестування зазначених учених дозволяє виявити рівень самоефективності особистості, надає можливість отримати інформацію про самооцінку особистості, про ступінь її самореалізації.

Серед факторів, що впливають на само ефективність, учені відмічають гендерні відмінності. Так, Уоррінгтон, Янгер і Вільямс (2000) відзначають, що переконання в самоефективності пов'язані з гендерними особливостями і впливають на успішність учнів. Аналогічні результати були отримані в іншому дослідженні самоефективності, де, за

ствердженням дослідників, студенти чоловічої статі демонстрували більш високу ефективність в кар'єрі ніж жінки (A. Bandura, C. Barbaranelli, G. Caprara & C. Pastorelli, 2001). Самоефективність розуміється як ключовий фактор вибору кар'єри і розвитку. За своєю природою вона активізує мотивацію і наполегливість особистості перед труднощами і невдачами, мобілізує стійкість до негараздів, відображає причинно-наслідкові зв'язки для успіху, а також уразливості до стресу. Зазначені вчені відзначають вплив самоефективності на кар'єрні досягнення і вміння впоратися з професійними труднощами, що дозволяє працівникам справлятися успішніше з новою для себе нестандартною ситуацією [2, 3].

Представляють інтерес і наукові доробки в парадигмі педагогіки. Так, М. Шенен-Моран та А. Вулфолк (Tschannen-Moran, & Woolfolk, 2001) стверджують, що самоефективність необхідно вважати важливою складовою професійної підготовки вчителя. Г. Лефрансуа вважає, що висока самоефективність і позитивна самооцінка (самоповага) сприятливо впливають на досягнення учнів і їх сприйняття різноманітних ситуацій. Переконаність в успіху в якійсь справі, завзятість, суттєво впливають на вибір дій, на зусилля по досягненню бажаного результату [1, с.124]. Д. Коркетт і її співавтори переконані в тому, що роль самоефективності і упевненість учнів у власній самоефективності дуже значуща і позитивно впливає на їх успішність і досягнення в пізнавальній діяльності, тому рекомендують вчителям знати рівень сформованості самоефективності у кожного учня, оцінювати її, використовуючи такі інструменти, як запитальники, опитування, щоб визначити сферу потреб школярів і потім підвищувати [4]. В своїх дослідженнях щодо самоефективності школярів, учені Мейер, Тернер і Спенсер (1997) дійшли висновку, що діти з високим її рівнем не бояться ризикувати в складних ситуаціях, адекватно без негативу реагують на невдачу. Марш і Йонг (1997) зазначають, що вчителі повинні розуміти сутність уявлень школярів про свою самоефективність і враховувати її в здійсненні педагогічної діяльності та міжособистісному спілкуванні [1, с. 322]. Б. Циммерман стверджує, що сформована самоефективність життєво важлива для здатності учня вчитися. Автор вважає, що академічна самоефективність специфічна для певних завдань або сфер і може залежати від попереднього досвіду роботи з предметом. А позитивні академічні переконання в самоефективності мотивують студентів працювати краще, більш старанно і не боятися труднощів і обирати більш складні завдання [9].

При оцінці самоефективності для поліпшення освіти збіднілих студентів, Р. Кайала зазначає, що якщо студенти можуть зрозуміти цінність навчання новим навичкам і повірити в свій потенціал для досягнення успіху, вони зможуть дійти до більш високих академічних результатів. В даному досліджені самоефективність розглядується як засіб підвищення ймовірності академічного успіху учнів [5].

Як зазначають А. Вігфілд і Дж. С. Екклс, теорія очікуваної цінності пояснює що продуктивність і вибір людей залежать від того, наскільки вони цінують задачу, яку треба вирішати. Переконання студента в самоефективності щодо здатності бути успішним в певній галузі тісно пов'язані з фактичною успішністю. Дослідники стверджують, що якщо учні цінують заняття, вони будуть докладати більше зусиль і довше займатися цими заняттями. При цьому цінність, що надається діяльності та їх очікуванням щодо їх здібностей, залежить від емоційних спогадів, а також від сприймання складності завдання [10].

Л. Сандер і П. Сандерс впевнені, що на переконання учнів в своєї низькій самоефективності впливають негативні оцінки оточуючих: відгуки вчителів і однолітків, порівняння з однокласниками. Студенти з низькою самоефективністю мають низьку впевненість у своїх здібностях і можливостях і не проявляють активності в пізнавальній діяльності, мають слабку впевненість і акцентують увагу на своїх недоліках [7]. Мораліс підкреслює значимість самоефективності і вважає, що це корисна характеристика студентів, яка може збільшити їх зусилля і наполегливість [1]. Норвезьські вчені Скаалвік і Ранкін (1995) стверджують, що існує сильна позитивна кореляція між очікуваннями успіху

і дійсними досягненнями. Очікування успіху є одним із проявів високої самоефективності [1]. Р. Ларош відмічає, що недолік позитивної самоефективності і страх невдачі можуть перешкодити учням бути активними на заняттях, задавати питання і ставити перед собою завдання, що ще більше ускладнює процес навчання [6].

Таким чином, можна зробити висновок, що самоефективність має суттєве значення при формуванні професійної компетентності майбутніх фахівців, сприяє їх професійному самовдосконаленню, готовності до професійної діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лефрансуа Ги. Прикладная педагогическая психология. – СПб. : Прайм. – ЕВРОЗНАК, 2003. - 416 с.
2. A. Bandura // Self-Efficacy in Changing Societies / ed. A. Bandura. – New York : Cambridge. University Press, 1995. – p. 1-45.
3. A. Bandura, C. Barbaranelli, G. Caprara & C. Pastorelli. Self-Efficacy Beliefs as Shapers of Children's Aspirations and Career Trajectories // Child Development, January / February 2001, V. 72, № 1, p. 187-206.
4. Corkett, Julie; Hatt, Blaine; Benevides, Tina. Student and Teacher Self-Efficacy and the Connection to Reading and Writing //Canadian Journal of Education, v34 n1, 2011, p. 65-98.
5. Kayla R. Rymer Assessing self-efficacy to improve impoverished students' education 2017. Режим доступу: http://www.cn.edu/libraries/tiny_mce/tiny_mce/plugins/file manager/files/Dissertations /Kayla_Rymer_Dissertation.pdf.
6. LaRose R. The Psychology of Interactive Media Habits / R. LaRose / The Handbook of the Psychology of Communication Technology, John Wiley & Sons, 2015, p. 365-383.
7. Sanders L., Sander P. Academic Behavioural Confidence: A comparison of medical and psychology students // Electronic Journal of Research in Educational Psychology 13(4): December 2007, pg. 633-649. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/233747695.
8. Schyns B. & Collani G. von (2002). A new occupational self-efficacy scale and its relation to personality constructs and organizational variables, European Journal of Work and Organizational Psychology, 11:2, 219-241.
9. Zimmerman, B.J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. Contemporary Educational Psychology, 25, 82–91.
10. Wigfield, A., & Eccles, J.S. (2000). Expectancy–value theory of achievement motivation. Contemporary Educational Psychology, 25(1), pg. 68–72. Режим доступу: https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015.

МНОГОЛЕТНИЕ СПОРЫ О ТЕРМИНЕ «КОРАБЛЬ»

Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета
«Одесская морская академия»
(Украина)

Исторически сложилось так, что многие века термины “судно” и “корабль” вводили в заблуждение даже моряков и судостроителей. В том, что возникновение и употребление одного из основных терминов, используемых на флоте и на сегодняшний день морской технической отрасли – слово «корабль» влечёт за собой целый ряд противоречий и споров.

На языке художественной, научно-технической литературы и в быту, особенно среди людей далёких от флота, корабль – это то же самое, что и судно, но только звучит более поэтично и красиво: по этой причине именно его, а не его синоним – судно - взяли, когда появилась необходимость создать выражение, такое как воздушный корабль или космический корабль.

Но между тем, на профессиональном языке моряков и судостроителей корабль и судно можно соотносить как частный и общий термины.

Многие страны и в настоящее время этот термин воспринимают по-разному. Академик В.Л. Поздюнин сформулировал это следующим образом:

«Все существующие судна необходимо разделить на два основных класса:

А. Военные корабли. Военные корабли имеют своим назначением в системе всех Вооружённых Сил СНГ охрану наших границ на водных подступах от вторжения неприятеля.

Б. Гражданские суда. Гражданские суда имеют своим назначением обслуживание, как водного транспорта, так и других отраслей народного хозяйства».

Строго говоря, эта формулировка содержит некоторые неточности:

1. Из выражения «военные корабли» логически следует, что корабли могут быть и невоенными, в противном случае мы имеем здесь тавтологию.

2. Корабли не только защищают нас от неприятеля. Аналогичные средства неприятеля мы тоже называем кораблями.

3. Название важнейшей судостроительной дисциплины - теории корабля - ставит отношение общего и частного в обратном порядке: эта дисциплина должна была бы называться теория судна, а такого названия, как известно, не существует.

Из этого следует, что упорядочение технической терминологии не коснулось ещё самых основ нашей отрасли промышленности и проблема научного определения терминов корабль и судно ждёт своего разрешения.

Не меньше сложностей таит в себе и исторический аспект вопроса, возникновение этих терминов. Разберёмся в происхождении наиболее древнего из рассматриваемых синонимов – слова корабль.

Современные взгляды лингвистов на происхождение слова корабль сводятся, согласно М. Фасмеру к тому, что исходное греческое слово καράβιον (“судно”, “член”) стало объектом заимствования во всех странах, находившихся под влиянием византийской культуры – на Западе из него получилось позднелатинское carabus, на Востоке – арабское garib, в Восточной Европе – старославянское корабль.

Эта концепция не представляется нам убедительной, особенно после того, как Яльмар Фриск установил, что слово καράβιον по своей фонетической природе вовсе не является исконно греческим.

Обратимся к древним свидетельствам. Корабль и уменьшительные формы корабица, корабиць, кораблиць встречаются уже в древнейших русских текстах. В первой по

старшинству русской рукописи, - знаменитом Остромировом евангелии-апракос, написанном на пергаменте в 1056-1057 гг. и хранящемся в Государственной Публичной библиотеке им. Салтыкова-Щедрина в Ленинграде, находим:

Въ время оно вълезе Иисус в корабль и оученици его (Лук. VIII, 22).

В Синайском патерике второй половине XI в. находим производное слово корабльникъ («моряк»), а в древнерусском переводе XII в. сочинений Кирилла Иерусалимского впервые встречается корабьчий, корабльчий («кораблестроитель»), его непривычная для нас структура станет понятнее, если вспомнить другие слова на – чий: кормчий, зодчий, стряпчий.

Византийская документация не выдерживает с этим никакого сравнения: слово καράβιον обнаружено лишь в рукописи XV в., которой мы должны верить, будто интересующее нас слово имелось в утраченном подлиннике сочинений александрийского филолога Гесихия, жившего в V или VI веке. Но с такой же лёгкостью можно положиться на Ф. Мильтнера, указавшего на наличие слова *carabus* у Гая Юлия Цезаря, в его «Записках о гражданской войне». Увы, Мильтнер ошибся, но ведь компиляторы XV века ошибались значительно чаще!

Первое известное нам употребление латинского *carabus* имеет место в «Диалогах» римского папы Григория I, написанных в конце VI века, где сказано: «моряк правил корабом, шедшим на канате за судном, а когда канат лопнул, исчезли и караб, и моряк». Исидор Севильский, учёный епископ начала VII в., поясняет: «*carabus* – это чёлн из плетёных прутьев, обтянутый невыделанной кожей».

Если уже в середине IX в. русы совершили морское нападение на Царьград, то этому должны были предшествовать столетия морской практики и большой опыт строительства судов, представлявших собой долблёные лодки из цельного ствола дерева. Иными словами, и в эпоху Григория I и до неё предки древних славян знали судоходство, - это подтверждается данными археологии.

Араб Ибн-Русте писал о русах (IX в): «Они отличаются мужественностью и храбростью… Они люди рослые, видные и смелые; смелость их проявляется не на коне, все свои набеги и подвиги они совершают на лодках». Любопытно свидетельство араба Ибн-Фадлана (X в.) об обычаях обитателей Восточной Европы – он был очевидцем ритуального трупосожжения руса, которого для этой цели положили на корабль, вытянутый волоком на берег Погребальные обряды всегда отличаются незыблемой традиционностью, и мы вправе сделать вывод, что за много веков до Ибн-Фадлана наши предки считали себя, прежде всего, моряками, и поэтому в последний путь, в царство мёртвых, отправлялись только на кораблях. Считать корабль производным от латинского carabus или наоборот, нет никаких оснований: прямых культурных контактов между Восточной Европой и Средиземноморьем в то время практически не было. Историческая ситуация подсказывает необходимость объяснить сходство обоих слов тем, что они развились от одного предшественника Такое направление поиска вводит нас в сложное сплетение проблем этногенеза народов Европы дописьменного периода.

И все же наш вопрос может быть разрешённым. Древнеирландское carbh, древнешотландское cairb («судно») самим фактом своего существования наводят на мысль, что общая древнейшая основа интересующего нас слова принадлежала языку кельтов, мигрировавших по всему континенту и нашедших последнее прибежище на Британских островах. Скандинавия, страна высокой морской культуры, тоже восприняла это слово: древнескандинавское karfi переводится как «малое быстроходное судно».

ЛИТЕРАТУРА

1. Институт языкознания АН СССР. Словарь современного русского литературного языка, т. 5. Изд. АН СССР, М.-Л., 1956.

2. Фасмер М. Этимологический словарь русского языка. Пер. с немецкого под ред. О.Н. Трубачёва, т. 2. Изд-во «Прогресс», М., 1967.
3. Fraenkel S. Die aramäischen Fremdwörtet im Aabischen. Hildesheim, 1962.
4. Frisk H. Griechisches etymologisches Wörterbuch. 9 Lfg. Heidelberg, 1959.
5. Синайский патерик. Под ред. В.С. Голышенко и В.Ф Дубровиной. АН СССР, М., 1958.
6. Lexicon der alten Welt, hg. von C. Andersen, H. Erbse u. a. Zürich – Stuttgart, 1965.

IMPLEMENTATION OF A COMMUNICATIVE APPROACH IN TEACHING ENGLISH

Zhmur I.
Kherson Maritime College of Fishing Industry
(Ukraine)
Zhmur V.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)

The purpose of the communicative methodology is to intensify the educational process of teaching English through the interaction of teachers and cadets based on knowledge of modern linguistic theory and the use of communicative methods in teaching the language.

The relevance of the topic is associated with the problem of modernizing the learning process using communicative techniques and communications in the electronic version in the educational process, which is an important condition for integration into the international environment. The advantages of educational and innovative technical characteristics in comparison with traditional forms of education are considered.

Is the communicative method of teaching English so effective and is it right for me?

These are the main questions posed in this article.

After all, the main task of the communicative method of teaching foreign languages is to help the cadets get rid of the notorious language barrier.

Keywords: foreign language education, teaching method, collaboration, communication, communicative approach, integration.

The emergence of a communicative technique.

The communicative method or the communicative approach to language learning (communicative approach) is not a new method at all: it appeared abroad around the 70s of the last century, and came to our country around the mid-90s. Then all English learners began to complain that they "understand, understand, but cannot speak." The adherents of the communicative approach took the path of combating this absurdity[2].

Initially, the communicative method involved group lessons with a native speaker. From the very first lesson, training was conducted in English. Later, the approach underwent some changes, and now it is used both in the group and in individual lessons.

Like any other way of learning a language, the communicative approach has transformed over time, but its fundamental principles have not changed. Let's list them, and it will become clear what is the peculiarity of this method and why it has remained the most popular way of learning English for many years.

Basic principles of the communicative method of teaching English:

- The student begins to speak English from the first lesson. Even those who learn a language from scratch, in the first lesson, master a couple of dozen phrases. This allows you to quickly get used to the sound of speech, warns[1].
- Accuracy and Fluency - literate and fluent speech. When learning a language using this method, you will not need to choose: speak fluently or speak correctly. Speech will be fluent and literate at the same time.
- When teaching, only modern authentic teaching materials are used. The carefully crafted English-language textbooks provide fun and, most importantly, practical material that you can use in your life.
- At the engagement stage, the teacher engages the student in the learning process: initiates an exciting discussion, offers to discuss a picture, etc. At the stage of study, the cadet is explained the grammatical topic and the use of new words and expressions, that is, they work on

expanding vocabulary and mastering grammar. At the stage of knowledge activation, the student performs various exercises to consolidate new grammar and words. This can be a continuation of the discussion of the topic under study, but with the application of the knowledge gained [4].

Who will benefit from the communicative method of teaching English? What goals can an English learner achieve with this technique?

A communicative approach is suitable for those who:

- Strives to speak correctly (accuracy) Speaking competently is the main skill that communicative techniques are working to improve. Students are taught not only to speak on different topics, but also to monitor the correctness of speech. It is no secret that the language barrier often develops from the fact that a person is afraid to make a mistake in a conversation[3]. And this fear is successfully combated by the communicative approach: up to 70% of the lesson time is devoted to the development of speaking skills. Communicative approach helps to remove both the language and psychological barriers: you lose your fear of speaking English.
- Wants to speak fluency. The more and more often you speak English, the faster you learn to formulate your thoughts. And in classes using the communicative method, you will talk for most of the lesson. The teacher builds a dialogue with you in such a way that it would be interesting for you to answer his questions, and you could use the knowledge you gained to the maximum. You are taught coherent speech, various colloquial phrases and cliches, which just allow you to speak fluently later: you just remember the correct turn and build a chain of phrases.
- Desires to learn not only to hear, but also to understand English. During a conversation with a teacher, you will be given the opportunity to listen to how natural coherent speech sounds, you will get used to the sound of English, and gradually it will become easier to understand it by ear. Moreover, during the lessons you will listen to and analyze small audio and video materials together with the teacher. Usually such material is used as a basis for discussion[1].
- Tries to stop translating his thoughts from Ukrainian into English. The communicative method of teaching English is aimed at developing the ability to spontaneously speak on various topics. In the classroom, only the language being studied is mainly used. An exception is made only for those who start learning English from scratch[5]. However, even after the first lesson, beginners will acquire a dozen or so important phrases in English. For students with Beginner, Elementary and Pre-Intermediate levels, the teacher can give explanations in Ukrainian. You can use Ukrainian if you don't understand something. The teacher also sometimes explains complex nuances in Ukrainian, but 90-100% of the lesson is conducted in English[4]. This technique allows you not only to "readjust" to the use of English, but also to stop mentally translating Ukrainian phrases into English and vice versa. Already in your mind, you will immediately build a sentence in English, which will significantly speed up and facilitate the learning process.

Why is translation so harmful? First of all, the fact that the interlocutor may understand you incorrectly or not at all. Let's give an example.

Phrase in Ukrainian: Мені подобається шоколад.

Literal translation: Me like chocolate.

Correct translation: I like chocolate.

As you can see, you cannot use simple consecutive translation. The same applies to the choice of a word from several synonyms. We often confuse them because we learn, as in the old vocabulary, out of context. The communicative approach involves the study of words in context, without translation into Ukrainian. It is important that you understand WHAT the word means and HOW to use it.

- Learns grammar and new words for communication, not for show. Were afraid of the «terrible beast – grammar», then it was time to dispel this fear. The communicative method presupposes a very correct and simple principle for the study of grammatical constructions: no one cramps a theory. One or another rule is explained to you, and you begin to work it out in practice, bringing the skill of use to automatism. They do the same with new words: no cramming, only repeated practical application. Remember how children learn a language: they first speak, and in

the process of communication, adults explain to them how to speak correctly. The communicative approach to teaching grammar of a foreign language is applied in much the same way: you discuss a topic of interest to you and learn to apply a construction or vocabulary that is new to you in the course of a conversation[3]. For example, the teacher explains to you the second type of conditional sentences and invites you to talk about dreams: after 5-10 sentences, you will "feel" this construction and understand the basic principles of its use. For instance:

If I had a million dollars, I would buy a Mercedes.

Якби у мене був мильйон доларів, я б купив «Мерседес».

That is, grammar and vocabulary are actually not the main object of study, but are used as auxiliary material and learn automatically.

- Seeks to learn how to read modern texts in English. The original and the text processed by the translator are different things. Many literature lovers say that the style of the author, the mood and character of the characters are better visible in the original text. Therefore, if you have a desire to enjoy the works of your favorite author, we advise you to learn English using a communicative method. During training, you will be offered only authentic texts written in modern language. Therefore, it will be easy to read books - the vocabulary and various phrases will be familiar to you. Moreover, from educational texts you will learn important speech cliches, which you will subsequently use both in communication and in writing. Obviously, the communicative technique also helps to learn how to write correctly and beautifully[6].
- Improves pronunciation. How are children taught to pronounce the letter "r"? Parents invite the child to repeat it many times, pronounce various tongue twisters, and use words as often as possible that contain this letter. That is, the more often you use it, the faster you will learn to pronounce. Correct English pronunciation is developed in a similar way. During the lesson, you will talk a lot and gradually begin to pronounce sounds more and more accurately, until you achieve the correct sound. In addition, the lessons may include various exercises to practice certain sounds, which will help you improve your pronunciation faster.
- Doesn't want to sleep in class. With a communicative teaching method, you will not be able to fall asleep, and you will not want to. No boring topics. They are a thing of the past, along with Soviet-era textbooks. Modern manuals offer a wide variety of topics for study that will EXACTLY come in handy in a conversation and will be interesting. And the use of various support materials will help to further diversify your activities and strengthen your knowledge.

In principle, communication is not an integral systemic technique. Rather, it is a set of techniques designed to teach effective communication in a language environment. Most of them have been used in the classroom before[8]. One of its main techniques is to imitate real-life situations, designed to stimulate students to actively "speak". At the same time, it is very important that the topics are topical, related to the everyday life of students, the problems that occupy them.

Unlike classical methods, which are based on repetition and memorization, in classes conducted according to the communicative method, the course of the lesson depends on the students themselves - their answers, reactions, etc. Since communication takes place meaningfully, on appropriate topics.

Of course, most of the classes are spoken, although reading and writing are studied too. Teachers generally do not speak, but listen and direct the course of the lesson.

The main question that arises in the communicative approach is whether it is necessary to correct mistakes in the students' spoken language and how to do it. Some believe that you need to pay attention only to elementary mistakes, such as "You is ...", others prefer not to interfere at all, while others say that you still need to learn the correct language, and not know what …[6]

The students themselves often demand that teachers point out their mistakes: after all, many then go to higher educational institutions abroad, take international exams, and look for work. Thus, although the communicative approach is truly an outstanding invention, its main drawback, oddly enough, is in the human factor. Unfortunately, many (according to some sources, even the majority) teachers have decided that grammar is not important at all. As a result, there are many

teachers who were educated in Britain, but have no idea about grammar. Therefore, in teaching a foreign language, it is important to adhere to the golden mean between communicative and traditional teaching methods[6].

Conclusions. The foregoing allows us to conclude that the use of innovative means of teaching a foreign language contains a huge potential for their application based on communicative methods using innovative teaching methods that expand the possibilities and quality of education. The general conclusion that can be made is that the communicative method continues to develop with the introduction of modern innovative technologies in teaching a foreign language. Due to the variety of forms and principles of the communicative approach in the development of speech activity, this method becomes a meaningful basis for the active activity of cadets in the process of teaching English.

REFERENCES

1. John Dewey's Philosophical writings. Ed. by B.A. Sharvadze. Tbilisi, 2009.
2. Noddings N. Happiness and Education. Cambridge University Press, 2003.
3. Kenning M.M. Computers and language learning: modern theory and practice. New York, EllisHor- wood, 1990.
4. D. Hymes. On Communicative Competence. Sociolin-guistics. Ed.by J.B. Killpatrick W.Kh. [The method of projects]. Litsesykoe i gimnazicheskoe obrazovanie = Lyceum and Gymnasium Education, 2003, no. 4
5. Marsh D. Content and Language Integrated Learning. Cambridge University Press, 2010.

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ПРИОРИТЕТОВ

Куклин В.М.
Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина
(Украина)
Сиренька А.В.
«Энергоэкология»
(Украина, г. Харьков)
Абрамов Г.С.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

В древней Греции, где началась и в Римской республике, где продолжилась активная фаза развития философии, отсутствовали иерархические структуры, сопровождающие появление общественного института науки. Существовали лишь школы и академии, где отношения между учителями и учениками не были формализованы. Эти академии искали ответы на вопросы, которые им казались важными, и сообщали о результатах своих размышлений коллегам из других академий.

Важно отметить, что до нас дошли результаты размышлений и выводы многих ученых, - каждое достижение было связано с определенными именами их создателей и первооткрывателей.

Нетрудно сообразить, что если бы стихийно не формировалось единое мнение у многих служителей науки тех времен, кому именно принадлежит приоритет в создании теории или открытия, то вряд ли мы бы знали эти имена. Авторитет лидеров академий и школ иной раз был столь высок, что окружение и не помышляло его оспаривать, а напротив, старалось оказаться в лучах славы этой личности.

Пифагор (569 – 490 до н.э.) не оставил письменных материалов. Тем не менее, его выводы и соображения распространяли его ученики, а затем их последователи, поэтому они дошли до нас, связанные именно с его именем.

Рукописи Аристотеля (384 – 322 до н.э.), пролежавшие пару сотен лет в подвалах малоазиатского селения, были найдены собирателем древностей и пройдя немалое расстояние, оказались сначала в Афинах, а затем в Риме, где были опубликованы под его именем. И никому не пришло в голову посягнуть на эти материалы, ибо авторитет этого великого ученого охранял их лучше любой стражи.

Авторитет римских ученых был столь же велик, ибо первый римский ученый-энциклопедист Марк Теренций Варрон (116 – 27 до н.э.) по поручению находящегося в зените славы Юлия Цезаря (100 – 44 до н.э.), организовал в Риме публичные библиотеки, причем как греческую, так и латинскую. А египетский (александрийский) ученый Созиген был вызван Юлием Цезарем в Рим для создания Юлианского календаря, по которому проводит службы православная церковь и поныне.

Лишь после прошествии полутора тысяч лет в середине XV столетия усилиями ювелира И. Гутенберга (между 1397 и 1400 – 1468 г.) и его многочисленных последователей, создававших технологию книгопечатания – «искусственного письма», привлечение к научной, изобретательской и творческой деятельности приняло массовый характер.

Считается, что появление гениальных личностей в истории человечества распределено по закону Пуассона (закон редких событий), ибо идеально соблюдаются его условия: число актов деторождения огромно ($n \to \infty$), а вероятность рождения гения ничтожно мала ($p \to 0$). За 6 тысяч лет писаной истории посчитано матожидание: человечество производило около 2-х гениально одарённых личностей в столетие. Однако,

две эпохи показали аномально высокие отклонения – интенсивность «потока гениев» была гораздо выше. Это Древняя Греция, с её философскими школами, и 18-19 века – время расцвета многих наук и искусств, когда появились целые плеяды великих учёных, писателей, поэтов, художников, композиторов. Этот феномен можно объяснить тем, что, очевидно, в эти эпохи были созданы более благоприятные условия для интеллектуального труда и духовного развития, то есть, эти события нельзя считать случайными.

В Древней Греции, с её рабовладельческим строем, высшему сословию были созданы идеальные условия для интеллектуальных занятий. Действительно, для разумного человека, склонного к размышлениям, освобождение от повседневных обязательств по обеспечению семьи хлебом насущным весьма способствует интеллектуальной творческой деятельности.

Важным обстоятельством также следует признать практическое отсутствие интенсивных интриг и мощной политической борьбы знати, столь характерных для царских дворов и нынешней коррумпированной олигархической власти. Демократический уклад полисов не давал значительных материальных и властных преимуществ, ибо только подобные стимулы порождали соответствующие мотивации и, что важно, отнимали силы и время у людей высшего сословия [1]. По мнению Э. Шредингера (1887-1961) «свободному, здравому мышлению способствовала среда, которая состояла из множества малых самоуправляемых городов, жители которых были мореплавателями, что облегчало разного рода обмены и передвижения. Этого требовало развитие наук и ремёсел. Не было мощной касты жрецов, интересы которых вместе с интересами влиятельных властителей всегда бы противились свободной мысли, представляющей опасность для их привилегий» [2].

Таким образом, в Древней Греции за счёт труда рабов элита общества была свободна для развития своих творческих способностей. Рабовладельческий строй обеспечил расцвет наук и искусств в эллинском обществе. Что касается эпохи 18-19 веков, достаточно вспомнить, кто были великие русские писатели (Лев Николаевич Толстой, Иван Сергеевич Тургенев и другие) и какие условия создала Надежда Филаретовна фон Мекк для творчества Петра Ильича Чайковского.

Приоритет в XV- XIX столетиях. Университеты, создаваемые в эти времена, находились под строгим присмотром церковников, которые финансировали, покровительствовали и управляли этими религиозными образовательными заведениями. Научная и творческая деятельности стали сосредотачиваться также при дворах властителей и вельмож – покровителей науки и искусства, а также в массово создаваемых кружках и салонах, организовать которые могли себе позволить лишь обеспеченные почитатели науки и искусства, тяготеющие к интеллектуальной деятельности.

Организаторы и покровители таких кружков и салонов брали на себя миссию коммуникаторов и популяризаторов идей и представлений, и формирование приоритетов определялось должным почтением к авторитету ученых. К подобным коммуникаторам можно отнести увлекавшегося теорией чисел теолога М. Мерсенна (1588 - 1648), соученика Р. Декарта (1596 - 1650), а также его последователя П. Каркави (1600 - 1684), роль которых в организации переписки и распространении результатов исследований в XVII веке была столь значительной, что её трудно переоценить.

Создание 35-томной французской «Энциклопедии наук, искусств и ремесел» (1751–1780 гг.) организовал недоучившийся юрист Д. Дидро (1713 - 1784), обладатель обширной библиотеки, (впоследствии проданной Екатерине II), и Ж.Д. Даламбер (1717- 1783). С 1768 года начала свою историю знаменитая «Британская энциклопедия» под редакцией директора Эдинбургского музея естественной истории У. Смелли (1740-1795). Позднее, Ф.А. Брокгауз (1772-1823), выкупивший «Энциклопедической словарь» Р.Г. Лёбеля, значительно расширив тематику, издал первый вариант ставшей широко известной немецкой Энциклопедии Брокгауза (1811 г.).

Размытие приоритетов. Процесс размытия приоритетов и перехода к корпоративному обладанию интеллектуальной собственностью (названного позднее «интеллектуальным коммунизмом») впервые был формально обозначен З. Фрейдом (1856-1939), который предложил каждому участнику организованного им профессионального кружка, самому выбрать судьбу своего вклада при обсуждениях, - считать ли его своей собственностью или полагать достижением всего коллектива. Потом интеллектуальный коммунизм был вытеснен рыночным подходом, когда в быстро развивающихся фирмах были созданы научные лаборатории, собравшие множество видных ученых.

Полагая созданные в этих условиях интеллектуальные достижения своей собственностью и сами исследователи, и владельцы предприятий, создали множество конфликтных ситуаций, рассматриваемых часто в судах. Это спровоцировало массовый отток недовольных ученых и привело к закрытию множества ранее успешных лабораторий, корпораций уже в XX веке.

От авторитета к имиджу. Развитие науки значительно расширило предметные области научных исследований. Деятельность множества людей, занятых в научных учреждениях и университетах, превратилась в создание лишь фрагментов научных разработок. Это обуславливалось участием в разработке в рамках одной темы множества коллективов, что вынужденно провоцировало ускорение публикаций даже незначительных результатов. Финансирование исследований было непродолжительным, что заставляло исследователей быстро переключаться на разные задачи. Громадное число поспешных публикаций создали множество начатых и не завершенных толком исследований, и это затрудняло приемлемым образом сформулировать их окончательные результаты.

Новая реальность начала формировать иное отношение к труду занятых в научных исследованиях людей. Поскольку в кратковременной и среднесрочной перспективах нельзя было выявить у отдельных исследователей и даже коллективов наличие законченных разработок и окончательно сформулированных научных достижений, то стали подсчитывать количество опубликованных работ, что и стало критерием успешности научной работы. Контроль над журналами захватили люди с очевидной предпринимательской жилкой, поэтому возросла стоимость публикаций, особенно в изданиях, где удавалось собрать труды ведущих ученых. Администрация научных учреждений и университетов для оценки научной деятельности своих работников, кроме подсчета числа публикаций, стала обращать внимание на то, где эти работы были опубликованы. Это сформировало множество наукометрических баз, где собирали информацию о публикациях, что создавало шкалу оценки качества работ.

Если ранее успешность ученого определялась признанием его достижений именитыми коллегами, то сейчас ценится число ссылок на его работы, число публикаций и престижность журналов, где результаты работ публикуются. Оценка самого научного результата отошла на второй план. Это подобно тому, как оценка труда человека искусства специалистами заменяется оценкой его труда широкой публикой. **Теперь оценивает не жюри, а зрительный зал.** Таким образом, произошла замена авторитета на имидж.

Хотя проблема приоритета формально осталась, но **теперь его смысл стал даже не искажаться, а попросту теряться**. Поскольку результаты отдельной публикации, как правило, не столь значимы и не представляют заметного научного интереса, вследствие своей фрагментарности и незаконченности, то и контролировать заимствования по существу уже не стали, чтобы избежать конфузов. Решили проверять тексты работ на совпадение – плагиат. Правда, ловкие люди это легко обходят, переписывая смысл чужой работы своими словами, если, конечно, способны это сделать.

В пораженной коррупцией среде, у людей, которые склонны к негодной конкуренции, плагиат процветает. Хотя вряд ли эти вороватые люди станут претендовать на авторство серьезных научных результатов, вряд ли будут присваивать себе выдающиеся культурные достижения, но по мелочам, отчего бы не воспользоваться чужими

результатами, что вызывает у истинных творцов большую досаду. Хотя и не очень им вредит, ибо результаты последних обыкновенно столь значительны и столь быстро становятся широко известными, что общество вполне осознает их истинную цену и признает приоритет их создателей.

К сожалению, следует признать, что мы пока ещё не слишком далеко ушли от наших предков в своей социальной жизни. Человечество, добившись значительного технологического взлёта, пока не может похвастаться соответствующим социальным совершенством. Но есть надежда, что, согласно пожеланиям Э. Шредингера, мы постепенно станем всё лучше понимать существо человеческой цивилизации и лучше осознавать смысл эволюции, затеянной высшими силами, которые олицетворяют природу и жизнь. Поэтому успехи небольшой доли человечества - интеллектуалов и творческих людей – порой поражают воображение, и позволяют, пусть с небольшой долей осторожного оптимизма, надеяться и на прогресс, и на благополучие цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куклин В.М. Скользкие ступени эволюции: в двух частях. Часть1. До и после Рима. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2020. –282с.
2. E.Schrodinger, Sherman Lecture at University Colledge. London, May 1948 Published as «Nature and Greeks» – Cambrige University Press. Cambrige. 1954, 97p.

МОДЕЛІ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ: ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ходаков В.Є., П'ятаков Е.М.
Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова
(Україна)
Дебела І.М.
Херсонський державний аграрно-економічний університет
(Україна)
Соколов А.Є., Соколова О.В.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Сьогодення характеризується широким використанням автоматизованих навчальних систем (АНС) та зростанням попиту на розробку різноманітних АНС. Як наслідок, виникає необхідність в розумінні класифікації моделей навчання в даних системах. Створення таких моделей вимагає розуміння педагогічної сутності процесу навчання та психологічних особливостей управління пізнавальною діяльністю особи що навчається. Без розуміння цих задач та питань неможливо створення моделей навчання, перш за все «моделей – учнів» [1]. Метою роботи є систематизація та класифікація видів моделей – учнів з різних точок зору: з точки зору управління об'єктом навчання; з позиції способів інтерпретації навчання; з позицій знань учня, його діяльності; з точки зору особистих якостей об'єкта навчання в автоматизованих системах.

Основний зміст. Під моделлю об'єкта (особи) навчання розуміють сукупність знань про «учня», що використовуються для організації процесу навчання. Це множина факторів про особу навчання, які описують різні сторони його стану: знання, особистісні характеристики, професійні якості та інше [2]. Більш детально модель учня – це знання навчального середовища про особу що навчається, які використовуються для організації процесу навчання. Допустимими є дві інтерпретації: модель учня є моделлю поточного стану знань та умінь індивідуума – учня; друга інтерпретація являє собою індивідуальну модель знань про особу-учня, що містить у собі знання предметної області, помилках та когнітивних механізмах [2]. Використовуються також інші розуміння моделі об'єкту навчання, так у [8] моделлю учня називають множину точно представлених фактів про особу що навчається , які можуть описувати переваги, представлення, навички або дії [4]. В окремих випадках у модель учня є необхідність включити характеристики особистості, тобто, опис сукупності особистих якостей для забезпечення успішного виконання задач навчального середовища, самонавчання та саморозвитку. Для кожного виду навчальної діяльності бажано здійснювати підбір та адаптацію моделі до особистих якостей учня. Так, наприклад, необхідно описувати фахові задачі: специфічні технічні, економіко-організаційні, задачі кадрового управління, підвищення кваліфікації, тощо. Також, в моделі особистості можуть бути включені психологічні якості, знання та вміння для кожного виду професійної діяльності, тип організації, підрозділу, посад від початкової до більш високих. Модель особи навчання може бути різною для окремих вікових груп та рівня професійного досвіду, тому що відповідно до рівня накопиченого досвіду – професіоналізму та на різних його стадіях характерним буде різне співвідношення якості знань. Модель учня має включати компоненти впливаючи певним чином на ефективність діяльності та забезпечувати контроль над нею, легко діагностуванні, уможливлюючи можливість корекції.

Побудова моделі включає в себе необхідність виділення та обліку здібностей до навчання, врахування індивідуальних знань особи що навчається. Для їх виділення представимо особу-учня у вигляді множини наступного виду:

$$P_i = \{N, S, U, Q, A\}, \quad (1)$$

де: N – навики користувача,
S – якісні властивості особистості,
U – рівень підготовки для роботи з системою,
Q – фактори відношення користувача до системи,
A – знання користувача про прикладну область задач.

Деякі з цих характеристик є складними. Розглянемо їх як залежності від більш простих характеристик.

$$N = \{M, L\}, \quad (2)$$

де: M – моторні навики користувача,
L – лінгвістичні навики користувача.

$$S = \{T, SE, V, ST\}, \quad (3)$$

де: T – творчі здібності користувача,
SE – здібність до навчання,
V – увага,
ST – стресостійкість.
Здатність до навчання (SE) є складним критерієм, тому представимо її у вигляді:

$$SE = \{I, Tp, SS\}, \quad (4)$$

де: I – коефіцієнт інтелекту,
Tp – тип пам’яті,
SS – ступінь стресового стану.

Розглянемо деякі з показників детально, наприклад, пам’ять особи-учня. Хороша пам'ять не завжди є показником високого інтелекту. Розрізняють три види пам’яті:

- наочно-образну пам'ять, яка допомагає запам’ятовувати обличчя, звуки, кольори предметів, інше;
- лінгвістично-логічну, власники такої пам’яті переважно запам’ятовують поняття, терміни, схеми, формули;
- емоційну - найкраще запам’ятовуються пережиті відчуття.

Існує поділ пам’яті на два типу в залежності від терміну зберігання інформації:

- короткочасну пам’ять – матеріал запам’ятовується швидко, але зберігається не довго;
- довгочасну пам'ять, такий тип вимагає значних зусиль, але дозволяє зберегти інформацію на тривалий час.

Крім того, швидкість заучування матеріалу у людей різна.

Пам'ять поділяється на механічну та змістовну. Частина людей має схильність до механічного заучування нового матеріалу, інша частина – до осмисленого розуміння та запам’ятовування. Добре та надовго запам’ятовується лише те, що зрозуміло добре. Як доводять експериментальні дослідження в другому випадку результати навчання більш ніж в 20 разів кращі.

Іноді, без будь-яких зусиль, навіть поза бажанням людини, той чи інший матеріал «вспливає» у пам’яті людини. Така пам'ять носить назву довільної. Довільна пам'ять має місце тоді, коли людина прикладає зусилля для запам’ятовування або згадування, тобто, направляє свою активність на досягнення поставленої мети.

Різними є основні властивості кожного виду пам’яті: об’єм (скільки інформації пам'ять людини може зберігати), тривалість та точність пам’яті (як довго людина зберігає і наскільки вірно відтворює минулі події, або знання), організованість (рис. 1).

Представимо пам'ять як множину наступного вигляду:

$$P = \{P_1, P_2\}, \tag{5}$$

де P_1 – тривалість зберігання інформації;
P_2 – ступінь активності в процесі запам'ятовування;

$$P_1 = \{P_{11}, P_{12}\}; \qquad P_2 = \{P_{21}, P_{22}\}, \tag{6}$$

де: P_{11} – короткочасна пам'ять; P_{12} – довгострокова пам'ять; P_{21} – рефлекторна пам'ять; P_{12} – довільна пам'ять.

Однак, як і за ступенем активності людини в процесі запам'ятовування, так і за терміном зберігання інформації пам'ять поділяють за видом аналізаторів, через яку надходить інформація.

Рисунок 1 – Типи та види пам'яті

Таким чином, підмножини $P_{11}, P_{12}, P_{21}, P_{22}$ можна поділити далі. Відповідно, маємо:

$$P_{11} = \{P_{11}^1, P_{11}^2 P_{11}^3 P_{11}^4\},$$
$$P_{12} = \{P_{12}^1, P_{12}^2 P_{13}^3 P_{14}^4\},$$
$$P_{21} = \{P_{21}^1, P_{21}^2 P_{21}^3 P_{21}^4\},$$
$$P_{22} = \{P_{22}^1, P_{22}^2 P_{23}^3 P_{24}^4\},$$

де: $P_{11}^1, P_{11}^2 P_{11}^3 P_{11}^4$ – слухова пам'ять; $P_{12}^1, P_{12}^2 P_{13}^3 P_{14}^4$ – зорова пам'ять; $P_{21}^1, P_{21}^2 P_{21}^3 P_{21}^4$ – моторна пам'ять; $P_{22}^1, P_{22}^2 P_{23}^3 P_{24}^4$ – змішана пам'ять.

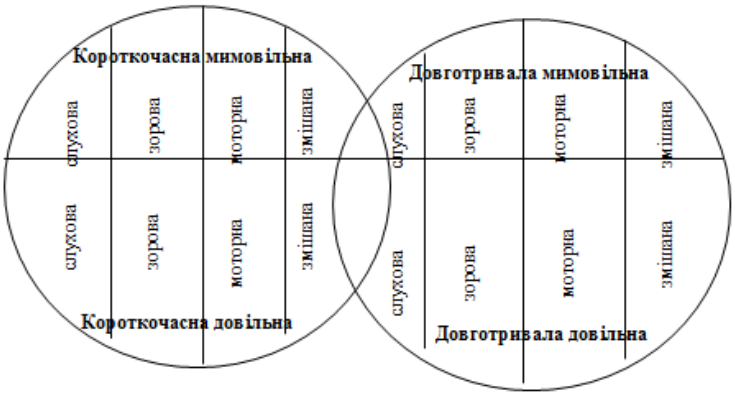


Рисунок 2 – Структурне зображення пам'яті

На основі цього будуємо діаграму Ейлера (рис. 2).

Для кожної вікової групи характерні свої особливості пам’яті. Існує ряд тестів, що дозволяють оцінювати вид і тип пам’яті. Крім того необхідно враховувати, що в різні моменти у людини може переважати різний вид пам’яті. Наприклад, зранку більш ефективною є слухова пам'ять, ввечері – моторна і т.д. усі ці особливості пам’яті необхідно враховувати під час проходження тесту на визначення здібностей до навчання. Перевірку бажано проводити перед початком занять для визначення того, яка пам'ять найбільш ефективна в даний момент часу і, відповідно, акцентуватися на ній. Наприклад, якщо розвинута слухова пам'ять – необхідно включити анімацію, якщо моторна – виписувати для себе деякі, найбільш важливі моменти предмету вивчення.

Узагальнюючи, треба відмітити, що модель навчання має включати в себе наступну інформацію:

- про мету навчання;
- про знання учня в рамках курсу що вивчається (поточний стан процесу навчання);
- про особливості подання навчальних матеріалів, вибір контрольних завдань та питань;
- про правила зміни моделі за результатами роботи з особою навчання.

Для кожного учня може бути сформована своя мета роботи з системою і своя підмножина навчального матеріалу, що і визначає початкове налаштування системи та є базою для подальшої роботи з учнем. Поточний стан процесу навчання фактично представляє собою проекцію знань учня на модель предметної області. Проекція обмежена рамками заданих маршрутів і включає в себе відомості про результати вивчення окремих тем курсу (проходження вершини мережі). Результати вивчення окремих тем можуть бути представлені як сукупність результатів контролю знань за обраною темою та набір значень параметрів, які можуть бути виміряні під час роботи з учнем (кількість звернень до вершини-теми, час роботи з матеріалом, середній час відповіді на питання, інше). Максимальну здатність системи до налаштувань, на вимогу конкретного викладача до моделі, можна забезпечити надавши користувачеві можливість самостійно формувати модель учня, включати довільні параметри, способи їх підрахунку та правила зміни моделі.

Створення моделі учня дозволяє організовувати адаптивне управління процесом навчання. Адаптивна автоматизована система навчання може містити кілька варіантів викладення одного і того ж матеріалу. Рішення про продовження навчання за одним з варіантів має прийматися на основі значень параметрів моделі. Значення параметрів можуть також враховуватися системою при формуванні контрольних завдань, лабораторних робіт, інше.

Виділимо основні функції моделі учня:

- адаптація до учня управлінських функцій системи;
- визначення рівня знань окремого учня з обраного курсу та ступеню досягнення мети навчання.

Найпростішим для реалізації є оверлейна модель. Вона будується у припущені, що знання учня і знання системи мають аналогічну структуру, при цьому знання учня є підмножиною знань системи. Кожній темі предметної області додається числовий атрибут, що відображує ступінь розуміння учнем матеріалу теми. Значення цього атрибута визначається в процесі опитування учня.

Висновки. Представлена систематизація та класифікація моделей учня в автоматизованих системах має багатоаспектний та різноплановий характер. Описані особливості моделі в своїй основі базуються на педагогічних та психологічних аспектах теорії навчання. Задача інтеграції та взаємодії розглянутих моделей учнів досить складна, вимагає продовження досліджень як в області концептуальних та методологічних підходів, так і в сфері конкретних практичних впроваджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брусиловский Г.Л. Построение и использование моделей обучаемого в интелектуальных обучающих системах. Техническая кибернетика. 1992. №5. С. 97–119.

2. Атонов Г.А. Моделирование учебной предметной области или предметная модель обучаемого Educational Tednflogi&Society. 2000. Т.3, № 3. С. 111–124.

3. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. Київ. Наукова думка. 1992. С.196.

4. Self I., Paiva A. Learner Model Reson Mainterence System. Lancaster University Press. 1993. P. 23–31.

НАВЧАННЯ – ЯК ПРОЦЕС НАКОПИЧЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗНАНЬ

Ходаков В.Є., П'ятаков Е.М.
Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова
(Україна)
Дебела І.М.
Херсонський державний аграрно-економічний університет
(Україна)
Соколов А.Є., Соколова О.В.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Розглядаючи моделі навчання, звернемо увагу на те, що перш за все моделюється процес накопичення знань, який можливо представити як систему двох взаємопов'язаних видів діяльності: викладання – діяльність вчителя і навчання – діяльність учня. Представлення інтелекту як результату процесу пізнання дозволяє розглядати сукупність процесів взаємодії зі зовнішнім середовищем та формування цілеспрямованості, як єдиний механізм [1, 2]. У задачах навчання, де основний вплив має технічна підтримка процесу навчання, можливим є використання поняття «гібридного інтелекту», під яким розуміють сукупність взаємодії природнього та штучного інтелекту професорсько-викладацького складу (ПВС) рис. 1.

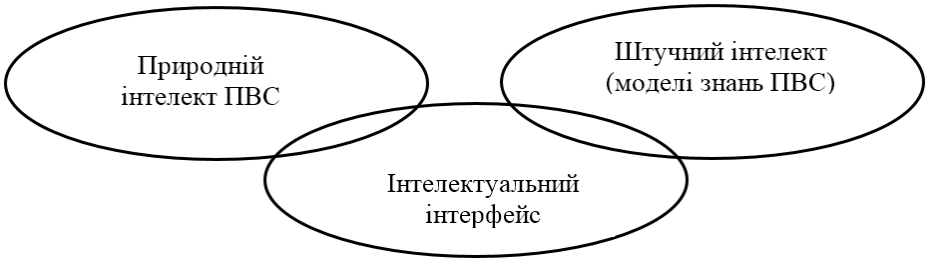


Рисунок 1 – Гібридний інтелект

Розглядаючи процес навчання як передавання певної інформації та формування конкретних умінь та навичок учнів (ремесло), то маємо процеси накопичення, передачі та зберігання знань. В цю задачу навчання входить і формування особистості учня – виховання. Одним з важливих моментів результативності процесу навчання є досягнення учнями планового рівня успішності, який відповідав би індивідуальним можливостям в межах планованого розвитку.

Процес навчання – це своєрідний процес підготовки трудових ресурсів високого рівня якості, що сьогодні має назву - людський капітал та має свої основоположні принципи, що визначають його характер і специфіку.

Метою роботи є аналіз процесів навчання, виділення його основних системних складових. В даному досліджені ми акцентуємо увагу на таких його важливих складових як процес накопичення та зберігання інформації, що дозволяє виявити характерні особливості навчання, метою здійснення якого є підвищення якісного рівня людського капіталу. В задачі навчання [3, 4] можна виділити таку важливу ознаку як здатність до навчання. Справді, якщо об'єкт навчання намагається оптимізувати свої рішення, адаптуючись до навчального середовища та покращує власні результати в процесі навчання, то можна говорити про наявність інтелекту.

Основний зміст. Для дослідження поставлених задач приймемо наступні гіпотези:

- оптимальність – процес навчання є оптимізаційною процедурою, завдяки чому знижується рівень помилок учня;
- інформаційний потік – одновекторний – інформація в кожен обраний момент часу може тільки передаватись, або тільки прийматись.

Гіпотеза оптимальності дозволяє обмежити клас навчальних моделей обраними – оптимальними в даних умовах, що є основою для формального опису структури інтелектуальної системи навчання.

Оцінюючи інформацію повідомлення з імовірністю p, маємо [5]:

$$I = -\log_a p \tag{1}$$

На основі [5], для оцінки ймовірності сумісної появи двох подій X, Y маємо:

$$p(X,Y) = p(X)p\left({}^{Y}/_{X}\right) = p(X,Y) \tag{2}$$

Приймаючи подію X як повідомлення передане джерелом інформації, оцінимо його інформативність:

$$I(X) = -\log_a p(X). \tag{3}$$

Інформація в системі джерело – приймач оцінюється застосуванням (1) до виразу (2).

$$-\log_a p(X,Y) = -\log_a \left(p(X)p\left({}^{Y}/_{X}\right)\right) = -\log_a \left(p(Y)p\left({}^{X}/_{Y}\right)\right) = -\log_a p(Y,X). \tag{4}$$

Враховуючи властивості логарифма, можна записати

$$-\log_a p(X) - \log_a p\left({}^{X}/_{Y}\right) = -\log_a p(Y) - \log_a p(Y)\, p\left({}^{X}/_{Y}\right).$$

Із врахуванням (1) маємо:

$$I(X) + I\left({}^{Y}/_{X}\right) = I(Y) + I\left({}^{X}/_{Y}\right). \tag{5}$$

Тоді для повідомлення Y, прийнятого приймачем під час передавання повідомлення X, можна записати:

$$I(Y) = I(X) + I\left({}^{Y}/_{X}\right) - I\left({}^{X}/_{Y}\right). \tag{6}$$

Таким чином інформація, отримана приймачем, дорівнює сумі інформацій джерела та інформації приймача, за виключенням інформації, що містить джерело про приймач.

Переходячи в системі джерело – приймач до очікуваної інформації, враховуючи (6), отримаємо:

$$M\{I(Y)\} = M\{I(X)\} + M\left\{I\left({}^{Y}/_{X}\right)\right\} - M\left\{I\left({}^{X}/_{Y}\right)\right\}. \tag{7}$$

Враховуючи, що математичне сподівання інформації можна розглядати як ентропію

$$M\{I(X)\} = -\sum_{i=1}^{n} p_i(X) \log_a p_i(X) = H(X), \tag{8}$$

вираз (7) запишемо у стандартному вигляді:

$$H(Y) = H(X) + H\left({}^{Y}/_{X}\right) - H\left({}^{X}/_{Y}\right). \tag{9}$$

Таким чином зберігається кількість інформації в системі джерело – приймач, але передавання інформації йде лише у напрямку від джерела до приймача і тільки у випадку рівності інформації джерела та приймача.

В даному випадку ми розділяємо стан до передачі повідомлення і стан після передачі інформації, при цьому після отримання повідомлення приймач має власну інформацію $I(Y)$.

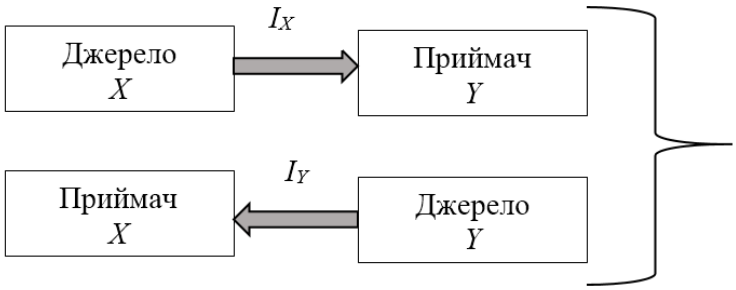
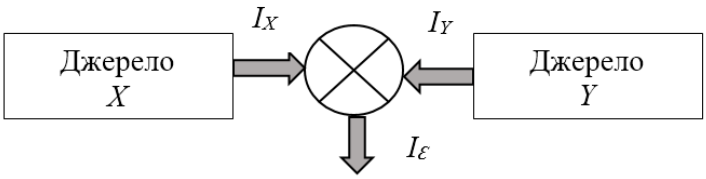
Система джерело – приймач в кожний момент часу знаходиться лише в одному з чотирьох можливих станів (табл. 1).

Таблиця 1 – Стан системи джерело – приймач

X	Y	Стан системи джерело – приймач
0	0	Передавання інформації між джерелом та приймачем не здійснюється
0	1	Передавання інформації від Y до X (Y → X)
1	0	Передавання інформації від X до Y (X → Y)
1	1	Зустрічне передавання інформації (Y ↔ X)

Якщо приймач не єдиний, задача розкладається на окремі задачі для кожного індивідуального приймача та передавача. Виконується причинно-наслідковий зв'язок – повідомлення - причина, отримання інформації – наслідок. У випадку, коли інформація передається від двох джерел, передбачається формування в системі інформації про оцінку відхилення повідомлення $I(X)$ від повідомлення $I(Y)$. Таким чином, маємо дві системи інформаційної взаємодії (таб. 2).

Таблиця 2 – Інформаційні взаємодії

Структура організації інформаційного потоку	Взаємодія
	Передавання інформації
 I_ε - *оцінка відхилення інформації в повідомленнях X та Y*	Порівняння інформації

При цьому як операція передавання інформації, так і порівняння або компенсування інформаційних потоків пов’язані з реальними фізичними подіями простору об’єктів. Саме інформаційний потік узагальнених оцінок подій в реальній системі є результатом порівняння інформаційних потоків подій та сигналів в об’єктному просторі.

Важливим у процесі навчання є процес накопичення інформації. Так, кожна подія інформаційного потоку несе в собі певну інформацію, яку можна оцінити відповідно до виразу (1). Звичайно, якщо інформація прийнята вірно, то є можливість формування зустрічного потоку інформації, що повністю компенсує вхідний потік. У такому випадку потік відхилень (помилок) є нульовим (I_ε=0). Але, якщо приймання інформації відбулося з похибками, то компенсація потоків не відбувається. Припустивши, що збурення центровані, маємо умову накопичення інформації

$$n \to \infty => \log_a p_i(X) - \sum_{i=1}^{n} p_i(Y) \log_a p_i(Y) = I(X) - H(Y) \to 0. \qquad (10)$$

Накопичення інформації приводить до наближення очікуваної відповіді до вхідного повідомлення.

Звичайно, існують крайні випадки, по-перше можливим є випадок простого повтору і повільної збіжності процесу (10) при відхиленні норми в будь-яку сторону. Але, саме накопичення інформації, як формування очікуваної відповіді є основою навчання. Це найважливіша складова процесу навчання. Другим суттєвим моментом є динамічність інформаційних процесів. Інформація накопичується і губиться в часі. Губиться в пам’яті живих – забувається, губиться в не живому – розкладається. Ці процеси носять об’єктивний характер. Надійним способом зберігання інформації є навчання та наукова діяльність як система концентрації інформації.

Розглянуті інформаційні взаємодії можна розповсюдити на структуру інформаційних потоків, що дозволяє реалізувати структурну модель інформаційних потоків інтелектуального середовища. Суттєвим моментом є гіпотеза про оптимальність систем обробки інформації природного походження. В рамках цієї гіпотези проявляється така ознака інтелекту як оптимальність.

Висновки:

- найважливішими складовими процесу навчання є компоненти – процеси накопичення і зберігання інформації;
- визначення інтелекту уможливлює реалізацію можливостей інформаційної системи оптимально реагувати на зміни навколишнього середовища та здатність накопичувати знання;
- основою функціонування інтелектуальної системи є створення моделі навколишнього середовища та формування оптимальної реакції на її зміни;
- структура інформаційних взаємодій зводиться до передавання та порівняння інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козубовский В.М. Общая технология: познавательные процессы. Москва: Амалфея, 2008. 368 с.
2. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. СПГ: Питер. 2002. 272с.
3. Метешкіна К.О., Назаренко Б.І. Педагогічний експеримент (гіпотези, методи, досвід, рекомендації). Науково-методичні матеріали. Харків: ХВУ, 2001. 128 с.
4. Булкин В.Н., Шаронова Н.В. Математические модели знаний и их реализация с помощью алгебр предикативных структур: монографія. Донецк: Дмитренко Л.Р, 2010. 407с.
5. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. М: Наука, 1987. 304с.

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ІНШОМОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦІВ З НАВІГАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМИ СУДНАМИ

Швецова І.В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Сучасна освіта покликана забезпечити підготовку компетентного фахівця, який володіє знаннями та навичками, що визначають його конкурентоспроможність на ринку праці. Беручи до уваги актуальність розвитку іншомовної освіти в контексті майбутніх судноводіїв, необхідно шукати нові шляхи впровадження комплексу інноваційних педагогічних технологій з метою забезпечення формування комунікативних здібностей у професійній діяльності. Удосконалення технологій, розвиток міжнародного співробітництва ставить перед системою морської освіти завдання забезпечення професійної підготовки фахівців, здатних здійснювати іншомовну комунікацію з іноземними представниками.

Актуальність дослідження визначається значимістю подальшого узагальнення теоретичних положень і методичного досвіду в формуванні компетентностей майбутніх фахівців, що може бути основою якісних освітніх інновацій в професійній освіті. Важливими в діяльності мореплавців є не тільки власне спеціальні знання, вміння та навички, а й розвиток загальнокультурних і загальних компетентностей, в структурі яких формування іншомовної компетентності особливо значимо в умовах зростаючої професійної мобільності.

Одним із стратегічних завдань України є необхідність реформування сучасної концепції професійної підготовки майбутніх судноводіїв відповідно до міжнародних стандартів, які визначаються документами як міжнародного рівня («Міжнародна Конвенція з підготовки, дипломування моряків і несення вахти» (2010 р.), «Міжнародний Кодекс з управління безпекою», «Конвенція з охорони людського життя на морі» та ін.), так і національного («Морська доктрина України», «Стратегічний план розвитку морського транспорту на період до 2020 року», «Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року», «Положення про державну систему управління безпекою судноплавства» та ін.). Питання підготовки компетентного фахівця визначається у державних документах про освіту: «Національна стратегія розвитку України на період до 2021 року», «Закон України «Про вищу освіту», державні стандарти освіти тощо. Формування іншомовної освіти здійснюється під впливом євроінтеграційних процесів й основних досягнень європейських країн із урахуванням таких документів Ради Європи, як «Загальноєвропейські рекомендації з мовної освіти: вивчення, викладання, оцінювання», «Проведення екзаменів із мови у відповідність до Загальноєвропейських рекомендацій з мовної освіти» та вимоги до Євроіспитів.

Наукове підґрунтя дослідження базується на працях, де розглядаються: філософсько-педагогічні теорії світогляду як цілісної системи знань, переконань, дій (В. Бех, І. Зязюн, ін.); впровадження засобів інформаційно-комунікаційних технологій у навчально-виховний процес вищих навчальних закладів (В. Биков, І. Войтович, І. Гевко, А. Гуржій, М. Жалдак, Л. Макаренко, Ю. Машбиць, І. Смирнова, О. Спірін та ін.); формування професійно значущих якостей морських офіцерів (М. Бабишена, Н. Бобришева, М. Кулакова,Т. Четверикова та ін.); особливості фахової та професійної підготовки судноводіїв (О. Доброштан, О. Мітракова, М. Мусоріна, О. Попова, Н. Слюсаренко, І.Смирнова, І. Сокол, О. Безбах та ін.); теоретичні і методичні засади професійної підготовки фахівців і кваліфікованих робітників морського та річкового транспорту (Л. Герганова, О. Зорька, С. Єгорова, Н. Черненко, В. Чернявський та ін.).

Таким чином, зростання актуальності, але недостатній рівень розробленості в педагогічній теорії та практиці механізмів формування професійної іншомовної компетентності фахівців з навігації і управління морськими суднами, судноводіння у процесі фахової підготовки, а також значні потенційні можливості професійного підходу до формування професійної іншомовної компетенції, відповідно до «Міжнародного Кодексу з управління безпекою», «Конвенції з охорони людського життя на морі» обумовили завдання нашого дослідження, що полягатиме в теоретичному обґрунтуванні педагогічних умов формування професійної іншомовної компетентності фахівців з навігації і управління морськими суднами в процесі неперервної освіти.

У процесі вивчення науково-теоретичних джерел та практичного досвіду формування професійної іншомовної компетентності фахівців з навігації і управління морськими суднами виявлено суперечності між:

- зростаючими вимогами міжнародних і національних стандартів якості до професійної компетентності фахівців з навігації й управління морськими суднами та недостатнім рівнем їхньої професійної підготовки;
- необхідністю формування професійної іншомовної компетенції фахівців з навігації і управління морськими суднами у процесі неперервної освіти та відсутністю науково обґрунтованих педагогічних умов забезпечення цього процесу;
- сучасними вимогами до удосконалення змісту, форм, методів формування професійної іншомовної компетенції фахівців з навігації і управління морськими суднами у процесі неперервної освіти та реальним станом його науково-педагогічного забезпечення;
- потребою в ефективних шляхах формування професійної іншомовної компетенції і недостатньою науково-методичної розробленістю основ застосування сучасних інтернет- і проектних технологій в навчанні професійно орієнтованої іноземної мови.

Отже, враховуючи те, що студенти повинні досягти необхідного рівня іншомовної компетентності, викладач англійської мови, відповідальний за викладання спеціалізованої морської англійської мови, повинен застосувати ефективні підходи у навчанні. Щоб допомогти викладачам досягти цієї мети, комунікативний підхід [2] повинен бути обраний основним засобом навчання та навчання студентів у поєднанні з іншими підходами.

Тому, одним із важливих факторів розвитку вищої професійної освіти є впровадження сучасних технологій у викладанні іноземних мов, підвищення мотивації студентів до вивчення морської англійської мови та сприяння їх якісній підготовці, що можливо при послідовному практичному застосуванні компетентнісного підходу через впровадження нових технологій активного навчання.

Ефективність впровадження технологій активного навчання можлива завдяки впровадженню змішаного навчання (Blended Learning). Під час аналізу методологічного аспекту змішаного навчання та його впровадження у викладання англійської мови в професійних цілях було встановлено, що така організація навчання має ряд переваг, зокрема, за допомогою електронних ресурсів у зручний для студентів час набувати нових знань. На практичних заняттях передбачається спілкування з викладачем та одногрупниками, дискусії, семінари у формі електронних форумів для відпрацювання нових навичок. Обґрунтовано думку, що змішане навчання враховує індивідуальні особливості студентів при сприйнятті та обробці навчального матеріалу, виборі темпу вивчення навчального матеріалу тощо. Нами було обрано технологічний аспект впровадження електронного навчання, який включає систему управління курсом, що реалізовується через платформу Moodle та забезпечує доступ до навчального процесу через підключення учасників навчального процесу до навчальних матеріалів, форумів тощо.

Виходячи з необхідності реалізації дистанційного навчання, спровокованого ситуацією пандемії COVID-19, була зроблена спроба розробити он-лайн курс морської англійської мови, що підтверджується традиційним очним навчанням в аудиторії, і є

прикладом практичного впровадження підходу до змішаного навчання. Описаний курс призначений для студентів, які вивчають морську англійську в Херсонській державній морській академії. Он-лайн компонент курсу стосується як теоретичних питань (професійно пов'язана інформація у вигляді текстів, відео, презентацій чи корисних посилань), так і практичних (за допомогою мовних навчальних заходів, чатів, форумів, завдань). Кожен курс оцінюється за допомогою онлайнових комп'ютеризованих тестів (Stop & Checks) та очної взаємодії викладача та студента. Загалом, використання електронного навчального ресурсу насправді може дати можливість створити інтерактивне навчальне середовище та сприяти ефективності викладання морської англійської мови. Впровадження змішаного навчання під час викладання морської англійської мови виявилося ефективним підходом, який дозволяє ефективно формувати та розвивати професійно орієнтовану комунікативну компетентність майбутніх моряків.

Завдяки Moodle викладач також впроваджує різні технології викладання, щоб допомогти своїм студентам брати участь у численних навчальних змістах, таких як морська англійська мова, та максимізувати час у аудиторії, застосовуючи методи, орієнтовані на студентів, використання активних стратегій навчання, залежно від рівня групи. Результати цього дослідження показують, що прийняття Moodle та реалізованого навчання може сприяти комунікативній компетентності студентів з морської англійської мови. Завдання для реалізації змішаного навчання пропонуються на платформі Moodle для студентів морських навчальних закладів навігаційного відділення і дозволяють використовувати навчальний матеріал ширше на всіх етапах навчального процесу і, отже, можуть ефективно використовуватися для оцінки результатів. Moodle значною мірою сприяє розвитку рівня мотивації учнів та вдосконаленню володіння англійською мовою.

Технологічний аспект впровадження електронного навчання включає систему управління освітою, реалізований на платформі Moodle, та забезпечує доступ до навчального процесу через підключення учасників до навчальних матеріалів. Це підтвердило ідею, що змішане навчання [1] враховує особисті якості студентів у сприйнятті та адаптації навчального матеріалу, а також вибір темпу вивчення навчального матеріалу. Аналіз даних чітко вказує, що змішане навчання сприяє формуванню різноманітних навчальних курсів у процесі навчання.

Посилаючись на модельний курс IMO з морської англійської мови [3], основна практика комунікативного підходу базується на мові як практичному інструменті спілкування; навчання, орієнтоване на студентів. Викладачі англійської мови практикують комунікативне викладання мови (CLT), вказівки на основі вмісту (CBI) та викладання мови на основі завдань (TBLT). Інтеграція мовної форми та професійного змісту вирішується в контексті таких підходів, як інтегроване навчання за змістом та мовою (CLIL).

Висновки. Таким чином, для ефективного розвитку іншомовної компетентності в контексті майбутньої підготовки штурманів вирішальним фактором є дидактично обґрунтоване використання інноваційних технологій та впровадження технологій активного навчання.. Модернізація підготовки іноземних мов майбутніх спеціалістів передбачає не лише зосередження уваги на нових освітніх стандартах, але й виконання одного з найважливіших завдань сучасної освіти, що передбачає не лише передання студенту необхідного обсягу знань, але і навчання ефективно використовувати їх у професійній та соціальній діяльності. Такі вимоги вимагають нових підходів до підготовки майбутніх фахівців.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dziuban, C., Picciano, A.G., Graham, C.R., & Moskal, P.D. (2016). Conducting research in online and blended learning environments: New pedagogical frontiers. New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

2. Rudometova L.T. Formation of Communicative Competence of Future Specialists in the Process of Foreign Language Learning in Non-Language University / L.T. Rudometova European Applied Sciences Wissenschaftliche Zeitschrift: № 5, 2013 (May). - Volume 1. ORT Publishing Schwieberdingerstr. - 59 70435 Stuttgart, Germany-p. 109-110.

4. Model Course 3.17 «Maritime English». URL: https://ru.scribd.com/document/ 261953765 (Last accessed: 11.02.2019).

ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК

К
Khazhmuradov M.A., 314
M
Makarchuk D.V., 157
Mamenko P.P., 125
P
Prokhorenko E.M., 314
Prokopchuk Y., 37
T
Tovkach S.S., 93
Z
Zakharchenko A.A., 314
Zhmur I., 331
Zhmur V., 331
А
Абрамов Г.С., 148, 157, 335
Абрамов И.М., 148
Абросімов В.Г., 220
Александрова Н.Г., 200
Алексенко В.Л., 205, 210
Андреєв І.М., 59
Аппазов Е.С., 24
Ачкевич О.М., 144
Б
Бабенчук Н.С., 244, 251, 260, 328
Барильник-Куракова О.А., 322
Бахмат М.В., 63
Безбах О.М., 7, 24, 213, 273
Безрукавий О.С., 171
Безуглова І.В., 7, 24
Бень А.П., 32
Бескровный В.А., 105
Білій В.А., 163
Богаченко Є.А., 67
Борисова В.А., 283
Борсук С.П., 49
Браїло М.В., 210
Брусник Р.О., 215
Брюховецький В., 211
Бударецький Ю.І., 63
Букетов А.В., 213
Букетов О.А., 205
Бурилов С.В., 80
Бутаков І.Б., 70
В
Варбанець Р.А., 215, 220
Вибач Н.П., 213
Вислоцький С.С., 55
Войтасик А.М., 229
Волин С.В., 265
Волянюк В.О., 189
Ворошилов О.С., 90
Врублевський Р.Є., 235
Г
Годованюк С.П., 11
Голіков А.О., 102
Голіков В.В., 74
Головань А.И., 293
Головань А.І., 77, 238
Гончарук І.П., 77, 238
Горбатюк Є.В., 189
Гуров А.А., 32, 306
Д
Д'яков А.В., 84
Дебела І.М., 339, 344
Дели А.К., 238
Дзензерський В.О., 80
Дзисюк Я.В., 275
Дмитрищук Н.В., 325
Дмітрієв О.М., 16, 42
Донець С.Є., 211
Дощенко Г.Г., 241
Дружинін О.О., 24
Е
Ермошкин Н.Г., 244, 251, 260, 265, 328
Є
Єнчев С.В., 270
Ж
Житник В.В., 213, 273
Жук О.К.,, 275
З
Залож В.І., 220
Засанська С.В., 49
Землянський А.В., 16
Зінченко С.М., 32, 37, 125, 157
Золотаренко В.Ф., 105
Зубков А.М., 84, 110
И
Игнатенко А.А., 265
Исаев Е.А., 279
І
Ільницький І.Л., 59
Іщенко І.М., 283
К
Казак В.М., 20
Калита Н.І., 87
Каменев К.И., 114
Камишин В.В., 46
Кирнац В.І., 215, 220
Ковбич Т.К., 20
Козаченко А.Ю., 140
Козаченко Ю.Н., 140
Колебанов О.К., 286
Комаров С.В., 90
Коновал И.О., 205
Коновалова Г.В., 197, 317
Конон Н.М., 118
Корбан Д.В., 122
Коробко В.В., 289
Корольов В.М., 63
Корпач С.В., 296
Костенко А.А., 293
Костыря М.В., 296
Кошель Н.Д., 296
Крайчева С.І., 220
Красник Я.В., 110
Круглий Д.Г., 24
Куклин В.М., 335
Кулинич В.В., 200
Курносенко Д.В., 55
Кучеренко Ю.М., 220
Л
Лаврич Ю.Н., 300
Лазарчук Є.П., 20
Лебеденко Ю.О., 286
Лебедь Н.І., 304
Лебедь О.М., 304
Леонов В.Е., 306
Литвиненко В.В., 211, 314
Лонін Ю.Ф., 211
Любіч О.О., 28
М
Маляренко О.Д., 273
Маркітан В.В., 130
Мартиненко С.А., 110
Матющенко О.Г., 42
Мельник І.В., 174
Мельник М.І., 171
Мельник Н.Г., 171
Мила Д.Є., 211
Моисеенко С.В., 193
Мотайло А.П., 179
Н
Наговський Д.А., 241
Настасенко В.О., 184
Невиніцин А.М., 46
Носов П.С., 32, 37, 157
О
Одинцов В.В., 311
Олійник Ю.О., 102
Ольхова М.В., 187
П
Паречин В.П., 87
Пелевін Л.Є., 189
Піпченко О.Д., 67
Плаксин С.В., 300
Плахтій О.О., 134
Погорелая Л.М., 300
Погребняк П.С., 211
Подчасов А.Ю., 300
Полевой О.Б., 193
Пономарьов А.Г., 211
Попович І.С., 32, 37
Пуськова Т.Г., 273
П'ятаков Е.М., 339, 344
Р
Рева О.М., 46, 49

Редчиц Д.А., 193
Рожков С.О., 70
Рославцев Д.М., 195
С
Савчук В.П., 55
Сагановська Л.А., 46
Сало Н.А., 16
Свідерський А.Т., 189
Селіванов С.Є., 11
Селіфонова Л.В., 213
Сєліверстова С.Р., 283
Сиренька А.В., 335
Сінюта К.О., 74
Сірий Ю.І., 59
Скосар В.Ю., 80, 90
Сліпуха Т.І., 134
Соколов А.Є., 339, 344
Соколова О.В., 339, 344
Сорока М.Ю., 16
Стрижак О.Є., 28
Субботіна Н.Є., 210
Т
Танська М.В., 273
Тарасов С.В., 80, 193
Терентьєв В.А., 136
Терентьєв О.О., 189
Терлич С.В., 197, 317
Тимофеєв К.В., 70
Тристан А.В., 42
Тугай С.Б., 174
Тучина У.Н., 193
У
Уваров В.Т., 211
Ф
Федоров Д.Б., 140
Фостык П.П., 205
Х
Хайбин Ю., 213
Ходаков В.Є., 171, 339, 344
Холденко В.І., 215
Храмцовський В.О., 32
Ц
Цибульська Т.П., 270
Цицик М.В., 84, 110
Ч
Чернецкая И.Е., 279
Чернявський М.Д., 97
Ш
Швецова І.В., 348
Шимко Ю.М., 144
Шульгін В.А., 46
Щ
Щедролосєв О.В., 197, 317
Щерба А.А., 84
Ю
Юнда В.А., 84
Я
Янутенене Й., 210
Яроцький С.В., 49

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА **4**
FOREWORD **5**
СЕКЦІЯ:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ 6
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ СУДНОВОДІННЯ ЯК ОСНОВНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ 7
Безуглова І.В., Безбах О.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ВИГЛЯДУ СИСТЕМИ ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ НА МОРІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ **11**
Годованюк С.П., Селіванов С.Є.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЕКІПАЖАМИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН НА ЕТАПІ НАЗЕМНОГО РУХУ **16**
Дмітрієв О.М., Сорока М.Ю., Сало Н.А., Землянський А.В.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)
ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЯРИЗОВАНОГО ОПЕРАТОРА ВІДНОВЛЕННЯ КЕРОВАНОСТІ ЛІТАКА В УМОВАХ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ У ПОЛЬОТІ **20**
Казак В.М., Ковбич Т.К., Лазарчук Є.П.
Національний авіаційний університет
(Україна)
РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СУДНОВОДІННЯ **24**
Круглий Д.Г., Дружинін О.О., Аппазов Е.С., Безбах О.М., Безуглова І.В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНІ ЗАСАДИ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ **28**
Любіч О.О., Стрижак О.Є.
ДННУ «Академія фінансового управління» Міністерства фінансів України
(Україна)
ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ КРИТИЧНИХ СИТУАЦІЙ В ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ **32**
Носов П.С., Бень А.П., Зінченко С.М., Храмцовський В.О., Гуров А.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Попович І.С.
Херсонський державний університет
(Україна)
NEW APPROACH TO MODELING DEEP INTUITION **37**
Prokopchuk Y.
Institute of Technical Mechanics NASU
(Ukraine)
Nosov P., Zinchenko S.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)
Popovych I.
Kherson State University
(Ukraine)
РОЗПІЗНАВАННЯ СИТУАЦІЙ В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ ПОШУКУ ТА УРАЖЕННЯ ОБ'ЄКТА ПРОТИВНИКА ГРУПОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ **42**
Тристан А.В., Матющенко О.Г.
Харківський національний університет повітряних сил імені Івана Кожедуба

(Україна)
Дмітрієв О.М.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)
СЕКЦІЯ:
ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ 45
ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДІАДИ «ЛЮДИНА-ЛЮДИНА» В ПРОЦЕСІ КОРЕКЦІЇ НЕДИСЦИПЛІНОВАНОСТІ КУРСАНТІВ - АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ» 46
Камишин В.В.
Український інститут науково-технічної експертизи та інформації
(Україна, м. Київ)
Рева О.М.
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)
Шульгін В.А., Сагановська Л.А., Невиніцин А.М.
Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна, м. Кропивницький)
ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЕРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА 49
Рева О.М.
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)
Борсук С.П.
Університет Веньчжоу
(Китай)
Засанська С.В.
Український інститут науково-технічної експертизи та інформації
(Україна, м. Київ)
Яроцький С.В.
Національний аваіаційний університет
(Україна, м. Київ)
СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ МАЩЕННЯ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ 55
Савчук В.П., Курносенко Д.В., Вислоцький С.С.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
СЕКЦІЯ:
КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ’ЄКТАМИ 58
МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ’ЄКТІВ 59
Андреєв І.М., Сірий Ю.І., Ільницький І.Л.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
(Україна)
МЕТОДИКА ОЦІНКИ СКРИТНОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИМІРЮВАЧА ПАРАМЕТРІВ РУХУ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ’ЄКТІВ 63
Бахмат М.В., Бударецький Ю.І., Корольов В.М.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
(Україна)
АНАЛІЗ ЗІТКНЕННЯ СУДНА ПОСТАЧАННЯ SJOBORG З ПЛАТФОРМОЮ STATFJORD A З ПОЗИЦІЙ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА БЕЗПЕКУ ДП ОПЕРАЦІЇ 67
Богаченко Є.А., Піпченко О.Д.
ІПО ЦПАП НУ «Одеська морська академія»
(Україна)
ЛІНЕАРИЗАЦІЯ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПЛАВУЧОГО ОБ'ЄКТУ 70
Бутаков І.Б., Рожков С.О., Тимофеєв К.В.

Херсонська державна морська академія
(Україна)
МЕТОДИ ОЦІНКИ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ СУДНА ПРИ ВІТРОВОМУ І ХВИЛЬОВОМУ ВПЛИВІ **74**
Голіков В.В., Сінюта К.О.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)
НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СУДНОПІДНІМАЛЬНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД **77**
Головань А.І., Гончарук І.П.
Одеський національний морський університет
(Україна)
РЕЙКОТРОН, ЯК НАДШВИДКІСНА ТРАНСПОРТНА ТЕХНОЛОГІЯ **80**
Дзензерський В.О., Бурилов С.В., Тарасов С.В., Скосар В.Ю.
Інститут транспортних систем і технологій НАН України
(Україна)
БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ БЕРЕГОВОЇ (ВОДНОЇ) ПОВЕРХНІ **84**
Зубков А.М., Щерба А.А., Цицик М.В., Юнда В.А.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
(Україна)
Д'яков А.В.
Львівський Державний університет внутрішніх справ
(Україна)
ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ В ЗАДАЧІ 1-PDP В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ **87**
Калита Н.І., Паречин В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки
(Україна)
ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НА ОСНОВІ ВАКУУМОВАНОГО МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ **90**
Скосар В.Ю., Ворошилов О.С., Комаров С.В.
Інститут транспортних систем і технологій НАН України
(Україна)
MIDDLEWARE SERVICE FOR THE INTEGRATION OF CONTROL OF THE AVIATION ENGINE AND AIRCRAFT **93**
Tovkach S.S.
National Aviation University
(Kyiv, Ukraine)
УЧЕТ РЯДА ФАКТОРОВ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ СКОРОСТИ БУКСИРОВКИ **97**
Чернявський М.Д.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)
СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА 101
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКРИТТЯ ВВШ УКРАЇНИ БАЗОВИМИ СТАНЦІЯМИ АІС **102**
Голіков А.О., Олійник Ю.О.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)
ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОЙ БУКСИРОВКИ СУДОВ ЛАГОМ **105**
Золотаренко В.Ф., Бескровный В.А.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
РАДІОЛОКАЦІЙНА СТАНЦІЯ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА **110**
Зубков А.М., Красник Я.В., Мартиненко С.А., Цицик М.В.
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
(Україна)
РАЗМЕЩЕНИЕ КОНТЕЙНЕРОВ В ПРОСТРАНСТВЕ РЕШЕНИЯ БУЛЕВОЙ МОДЕЛИ **114**
Каменев К.И.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)
КОНТРОЛЬ НАВІГАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ СУЕЦЬКОГО КАНАЛУ НА ПРИКЛАДІ АВАРІЇ Т/Х «EVER GIVEN» 118
Конон Н.М.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)
ПОЛЯРИЗАЦІЙНА СЕЛЕКЦІЯ НАВІГАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ СУДНОВИМИ РЛС 122
Корбан Д.В.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)
THE USE OF THE RISK CRITERION IN THE TASK OF OPTIMIZATION OF SHIP DIVERGENCE TRAJECTORIES 125
Mamenko P.P., Zinchenko S.M.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)
КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ МОДУЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ЗІТКНЕНЬ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО МОРСЬКОГО СУДНА 130
Маркітан В.В.
Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)
ПРАВИЛА ЕФЕКТИВНОСТІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНА 134
Плахтій О.О., Сліпуха Т.І.
Національний університет біоресурсів та природокористування України
(Україна)
ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ НЕОБХІДНОСТІ ЗМІНИ КУРСУ ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ 136
Терентьєв В.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ ИХ ТОРМОЖЕНИЕМ 140
Федоров Д.Б., Козаченко Ю.Н., Козаченко А.Ю.
Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)
ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА МОРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ 144
Шимко Ю.М., Ачкевич О.М.
Національний університет біоресурсів та природокористування України
(Україна)
СЕКЦІЯ:
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ’ЄКТІВ 147
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В СТРОКАХ ТРЕУГОЛЬНИКА ПАСКАЛЯ И ЕГО ГАУССОВСКАЯ АППРОКСИМАЦИЯ 148
Абрамов И.М.
Херсонский Национальный технический университет
(Украина)
Абрамов Г.С.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
THE SHIP OFFICER AS A FAILURE-PRONE SINGLE-CHANNEL QUEUEING SYSTEM 157
Abramov G.S., Makarchuk D.V., Nosov P.S., Zinchenko S.M.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)
СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МІКРОКЛІМАТУ СУДНОВОГО ПРИМІЩЕННЯ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ КОМФОРТНІСТЮ ТА ЯКІСТЮ ПОВІТРЯ 163
Білій В.А.
Національний Університет «Одеська Морська Академія»
(Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДА КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ 171
Безрукавий О.С., Мельник Н.Г., Мельник М.І.
Каховський державний агротехнічний коледж
(Україна)
Ходаков В.Є.
Морський інститут післядипломної освіти імені Ф.Ф. Ушакова
(Україна)
ОПИСАННЯ ЗАКОНУ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСКРЕТНОЇ МАТЕМАТИКИ ТА ТЕОРІЇ СКІНЧЕННИХ АВТОМАТІВ 174
Мельник І.В., Тугай С.Б.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
(Україна)
КУБАТУРНА ФОРМУЛА НА ОКТАЕДРІ П'ЯТОГО АЛГЕБРАЇЧНОГО ПОРЯДКУ ТОЧНОСТІ 179
Мотайло А.П.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ВИБРАЦИЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С SARS-CoV-19 184
Настасенко В.О.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
СТРАТЕГІЇ СТАЛОЇ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ У КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ 187
Ольхова М.В.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
(Україна)
ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ ҐРУНТУ РОЗПУШУВАЛЬНИМ ОБЛАДНАННЯМ 189
Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Волянюк В.О., Терентьєв О.О., Свідерський А.Т.
Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)
ПЛАЗМЕННЫЕ АКТУАТОРЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 193
Редчиц Д.А., Тарасов С.В., Полевой О.Б., Тучина У.Н.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина)
Моисеенко С.В.
Херсонский национальный технический университет
(Украина)
АНАЛІЗ ПЛАНУ СТАЛОЇ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ: ДОСВІД ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН 195
Рославцев Д.М.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
(Україна)
ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО РОЗМИТТЯ ҐРУНТУ ДЛЯ МОСТОВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОПОРИ 197
Щедролосєв О.В., Терлич С.В., Коновалова Г.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)
СЕКЦІЯ:
ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ 199
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГОДЫ В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА 200
Александрова Н.Г., Кулинич В.В.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЛИННОМЕРНОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ 205
Алексенко В.Л., Букетов О.А., Коновал И.О.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
Фостык П.П.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(Украина)
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ 210
Браїло М.В., Субботіна Н.Є., Алексенко В.Л.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Янутенене Й.
Клайпедський університет
(Литва)
МОДИФІКАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ СИЛЬНОСТРУМОВИМ ЕЛЕКТРОННИМ ПУЧКОМ 211
Брюховецький В., Донець С.Є., Литвиненко В.В., Мила Д.Є., Погребняк П.С.
Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України
(Україна)
Лонін Ю.Ф., Пономарьов А.Г., Уваров В.Т.
ННЦ Харківський фізико-технічний інститут НАН України
(Україна)
ВІДНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ПОЛІМЕРНИМИ ПОКРИТТЯМИ З ПОЛІПШЕНИМИ МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ 213
Букетов А.В., Житник В.В., Селіфонова Л.В., Вибач Н.П., Безбах О.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Хайбин Ю.
Пекінський Євразійський міжнародний центр економічного і культурного обміну
(Китай)
АНАЛІЗ РОБОТИ КЛАПАНА FIVA MAN ME В СЕРЕДОВИЩІ AVL BOOST 215
Варбанець Р.А., Кирнац В.І., Холденко В.І., Брусник Р.О.
Одеський національний морський університет
(Україна)
ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІТИЧНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ 220
Варбанець Р.А., Кучеренко Ю.М., Кирнац В.І., Крайчева С.І., Абросімов В.Г.
Одеський національний морський університет
(Україна)
Залож В.І.
Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»
(Україна, м. Ізмаїл)
РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА СПУСКО-ПІДЙОМНОГО ПРИСТРОЮ ТРАМВАЯ-РЕЙКОТРАНСПОРТЕРА 229
Войтасик А.М.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)
ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ ЦИЛІНДРОВОГО МАСЛА ЗАВДЯКИ ВПРОВАДЖЕННЮ СИСТЕМИ ALPHA LUBRICATION 235
Врублевський Р.Є.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ГРУЗОВОГО СУДНА 238
Дели А.К., Головань А.И., Гончарук И.П.
Одесский национальный морской университет
(Україна)
УПРАВЛІННЯ ПРОПУЛЬСИВНИМИ ДВИГУНАМИ 241

Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МИНОНОСЦЕВ ВОЕННОГО ФЛОТА **244**
Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»
(Украина)
БОРЬБА ЗА ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ БИОСФЕРЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ МОРСКОГО ФЛОТА **251**
Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»
(Украина)
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОРСКОГО ФЛОТА **260**
Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»
(Украина)
АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ УТИЛИЗАЦИОННОГО КОТЛА **265**
Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Волин С.В.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»
(Украина)
НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМ БЕЗКОНТАКТНИМ ГЕНЕРАТОРОМ ЗМІННОГО СТРУМУ **270**
Єнчев С.В., Цибульська Т.П.
Національний авіаційний університет
(Україна)
МОДИФІКОВАНИЙ ЕПОКСИДНИЙ КОМПОЗИТ З ПІДВИЩЕНИМИ АДГЕЗІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ **273**
Житник В.В., Танська М.В., Пуськова Т.Г., Безбах О.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Маляренко О.Д.
Білоруський національний технічний університет
(Білорусь)
БЕЗКОНТАКТНІ ЗАРЯДНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРНИХ ПОРОМІВ **275**
Жук О.К., Дзисюк Я.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)
К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГРАНУЛ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАНИЕМ РЫБНОЙ МУКИ **279**
Исаев Е.А., Чернецкая И.Е.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
ГРЕБНІ ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ З ВЕНТИЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ НАПІВПРОВІДНИКОВИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ **283**
Іщенко І.М., Сєліверстова С.Р., Борисова В.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОЧИЩЕННЯ ВИКИДНИХ ГАЗІВ **286**
Колебанов О.К.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
Лебеденко Ю.О.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)
ВДОСКОНАЛЕННЯ СУДНОВИХ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ **289**
Коробко В.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

(Україна, м. Миколаїв)
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ГАЗОАНАЛИЗАТОРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА 293
Костенко А.А., Головань А.И.
Одесский национальный морской университет
(Украина)
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК АККУМУЛЯТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ 296
Кошель Н.Д.
Украинский государственный химико-технологический университет
(Украина, г. Днепр)
Костыря М.В., Корпач С.В.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепр)
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ МАГЛЕВ ТРАНСПОРТА 300
Лаврич Ю.Н., Плаксин С.В., Погорелая Л.М., Подчасов А.Ю.
Институт транспортних систем и технологий НАН Украины
(Украина)
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ 304
Лебедь О.М., Лебедь Н.І.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ПЛАНЕТАРНОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ 306
Леонов В.Е., Гуров А.А.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
ПЛАСТИЧНОСТЬ ДОДЕКАБОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА UB_{12} 311
Одинцов В.В.
Херсонский морской институт последипломного образования им. Ф.Ф.Ушакова
(Украина)
DEVELOPMENT OF POLYSTYRENE-METAL COMPOSITE MATERIALS FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC AND IONIZING RADIATION 314
Prokhorenko E.M., Lytvynenko V.V.
Institute of Electrophysics and Radiation Technologies NAS of Ukraine
(Kharkov, Ukraine)
Zakharchenko A.A., Khazhmuradov M.A.
NSC «Kharkov Institute of Physics and Technology»
(Kharkov, Ukraine)
ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ ПРИ РОЗМІРНІЙ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА ПОЧАТКОВИХ СТАДІЯХ ПРОЄКТУВАННЯ 317
Щедролосєв О.В., Терлич С.В., Коновалова Г.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)
СЕКЦІЯ:
КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ 321
РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ МОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ 322
Барильник-Куракова О.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
ПРОБЛЕМА САМОЕФЕКТИВНОСТІ В НАУКОВИХ ПРАЦЯХ ДОСЛІДНИКІВ ЗАРУБІЖЖЯ 325
Дмитрищук Н.В.
Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського
(Україна)

МНОГОЛЕТНИЕ СПОРЫ О ТЕРМИНЕ «КОРАБЛЬ» **328**
Ермошкин Н.Г., Бабенчук Н.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»
(Украина)
IMPLEMENTATION OF A COMMUNICATIVE APPROACH IN TEACHING ENGLISH **331**
Zhmur I.
Kherson Maritime College of Fishing Industry
(Ukraine)
Zhmur V.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)
ОБ ЭВОЛЮЦИИ ПРИОРИТЕТОВ **335**
Куклин В.М.
Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина
(Украина)
Сиренька А.В.
«Энергоэкология»
(Украина, г. Харьков)
Абрамов Г.С.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)
МОДЕЛІ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ: ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ **339**
Ходаков В.Є., П'ятаков Е.М.
Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова
(Україна)
Дебела І.М.
Херсонський державний аграрно-економічний університет
(Україна)
Соколов А.Є., Соколова О.В.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)
НАВЧАННЯ – ЯК ПРОЦЕС НАКОПИЧЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗНАНЬ **344**
Ходаков В.Є., П'ятаков Е.М.
Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала
Ф.Ф. Ушакова
(Україна)
Дебела І.М.
Херсонський державний аграрно-економічний університет
(Україна)
Соколов А.Є., Соколова О.В.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)
ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ІНШОМОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦІВ З НАВІГАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМИ СУДНАМИ **348**
Швецова І.В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)
ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК **352**
ЗМІСТ **354**

НОТАТКИ

Наукове видання

Збірник матеріалів

XIII Міжнародної науково-практичної конференції

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

MINTT – 2021

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор *Клементьєва О. Ю.*
Комп'ютерна верстка *Калініченко Т.В.*
Друк, фальцювально-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Формат 60х84/16.
Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 22,75
Підписано до друку 17.05.2021.
Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Тираж 100 пр. Зам. № 73

Видавництво
«Херсонська державна морська академія»,
просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000
Тел.: 49-20-20
Ел. адреса: rvv@ksma.ks.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
ДК № 4319 від 10.05.2012