

Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції
Материалы XII Международной научно-практической конференции
Materials of the 12th 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-2020

Збірка матеріалів конференції

**27-29 травня 2020 року
Херсон, Україна**

**27-29 мая 2020 года
Херсон, Украина**

**May 27-29, 2020
Kherson, Ukraine**

Організатори конференції:

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

Програмний комітет:

Алексішин В.Г. – к.т.н., проф. (Україна);
Бідюк П.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Блінцов В.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Букетов А.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Варбанец Р.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Винокурова О.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Вухерер Т. – к.т.н., доц. (Словенія);
Гнатушенко В.В. – д.т.н., проф. (Україна);
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);
Рябенський 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	Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи;
голови	
члени	Настасенко Валентин Олексійович – професор кафедри транспортних технологій;
комітету:	Абрамов Геннадій Серафимович – доцент кафедри судноводіння та електронних навігаційних систем; Блах Ігор Володимирович – вчений секретар, начальник відділу технічної інформації; Врублевський Роман Євгенович – начальник редакційно-видавничого відділу; Клементьєва Оксана Юрїївна – технічний секретар, провідний фахівець редакційно-видавничого відділу.

У збірнику представлено матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 27 – 29 травня 2020 р. і була присвячена актуальним питанням застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

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

Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2020) : збірка матеріалів XII Міжнародної науково-практичної конференції, 27-29 травня 2020 р. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2020. 300 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Дванадцятої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2020)», 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, Словенії, Литви, КНР 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-2020 стала добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях, а також висловлюють щирий жаль з приводу неможливості проведення конференції в очному форматі в зв'язку з карантинними обставинами, пов'язаними з пандемією COVID-19. Ми сподіваємось на ваше розуміння обставин, що склались, і активну участь у форматі відео конференції.

Висловлюємо свою щирю 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.

СЕКЦІЯ:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

АНАЛІЗ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ СУДНА В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ

Чернявський В.В., Бень А.П., Паламарчук І.В.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Вступ. Підвищення безпеки судноводіння в сучасних умовах збільшення обсягів морських перевезень, зростання тоннажу суден та інтенсифікації світового судноплавства в цілому, являє собою важливу науково-практичну задачу. Організація роботи команди навігаційного містка при виникненні аварійної ситуації визначається ступенем підготовки штурманського складу до взаємодії при управлінні рухом в складних ситуаціях [1]. Швидкоплинність процесу управління і недостатність часу для отримання коректної інформації про процес руху вимагає попередньої підготовки до дії команди містка в екстремальних умовах при небезпечному зближенні з навігаційною небезпекою або іншим судном [2].

З цієї причини розробка системи підтримки прийняття рішень (СППР) судноводія, що застосовує змістовні моделі процесу визначення небезпеки для управління судном при виникненні передумов виникнення аварійної ситуації є вкрай актуальною задачею сьогодення.

Актуальність дослідження. Аналіз існуючих робіт, які присвячені теорії та практиці створення СППР у судноплавстві, переконують у необхідності подальшої розробки таких систем та удосконалення існуючих [3,4,5].

Значною перешкодою на шляху розв'язання цього питання стає відсутність чітких формальних моделей, які характеризують процеси взаємодії суден при розходженні. Особливо це стосується ситуації невизначеності, зокрема, коли наявні два та більше суден, а умови огляду водної акваторії є недостатніми [6,7,8]. Ключовим фактором правильного рішення такої задачі є забезпечення ефективності рішень управління судном, що приймаються судноводієм. Так, чим складнішими становляться функції судноводія, тим гостріше встає необхідність у координації роботи технічних засобів та інтерпретації інформації, яка надається з їх боку судноводію [9,10]. Впровадження новітніх технічних засобів управління рухом судна природним чином «відриває» судноводія від процесу підтримки заданого рівня безпеки, оскільки він становиться неспроможним безпосередньо та повністю контролювати цей рівень у реальному часі.

Розв'язання задачі. У процесі формування стратегії розходження суден враховується передбачувана зміна параметрів руху суден, обумовлена їх взаємодією одне з одним, відповідно до Міжнародних правил попередження зіткнення суден 1972р. (МППЗС-72) .

Загальний алгоритм роботи СППР щодо оцінки навігаційної ситуації та запобігання зіткнень суден має наступний вигляд:

- ідентифікація суден, що знаходяться в зоні можливого зіткнення;
- моніторинг параметрів руху суден та динаміки їх зміни;
- оцінка похибки одержуваних параметрів руху;
- класифікація суден за ступенем небезпеки;
- визначення пар взаємодіючих суден, для яких формуються можливі сценарії руху;
- визначення областей взаємних обов'язків у відповідності із МППЗС-72 і меж зони безпеки власного судна;
- формування множини можливих сценаріїв (стратегій) руху суден;
- визначення стратегій руху, що відповідають заданим критеріям безпеки;

- вироблення можливих альтернатив з управління судном і надання їх судноводію. Таким чином, важливою складовою СППР судноводія є критерії оцінки небезпеки суден, що оточують власне судно (суден-цілей) [11,12,13].

В якості вихідних даних для формування комплексних критеріїв небезпечності суден-цілей були застосовані такі їх навігаційні параметри: дистанції, лінії відносного руху (ЛВР), пеленги і швидкості.

Розглянемо ситуацію зближення двох суден, яка представлена на рис.1. Судно A характеризується параметрами: V_n, K_n, D_0 (V_n – швидкість судна A , K_n – курс судна A , D_0 – дистанція до судна B), судно B характеризується параметрами: V_u, K_u, D_0 (V_u – судна B , K_u – курс судна B , D_0 – дистанція до судна A). K_0 – поточний курс лінії відносного руху (ЛВР) цілі, K_1, K_2 – можливі ЛВР цілі; $\alpha_c, \alpha_{лк}, \alpha_{нк}$ – кути перетину відповідних ЛВР із курсом судна A , а D_0, D_2, D_3 – від судна B до точок перетину його ЛВР із курсом судна A . D_1 – дистанція до точки перетину курсів, P – різниця курсів.

Якщо $\alpha_c < \alpha_{нк}$, то ЛВР перетинає курс по носу, якщо $\alpha_c > \alpha_{нк}$, то ЛВР перетинає курс по кормі. Більш чітка оцінка зміни небезпеки зіткнення, зумовлена зміною кута ЛВР та потребує встановлення залежності швидкості зміни кута ЛВР від швидкості зміни кута Θ ($\Theta = K_u - K_0$).

Скористаємося рівністю кута α_c у трикутнику позицій із кутом α_l у трикутнику швидкостей. Із векторного трикутника швидкостей кут α_l за допомогою теореми синусів можна визначити наступним чином:

$$\frac{V_u}{V_n} = \frac{\sin \alpha_l}{\sin \Theta}, \text{ або } \alpha_l = \arcsin\left(\frac{V_u \sin \Theta}{V_n}\right). \quad (1)$$

Диференціюючи вираз (1) визначимо швидкість зміни α_l від Θ :

$$d\alpha_l = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_u \sin \Theta}{V_n}\right)^2}} \frac{V_u}{V_n} \cos \Theta d\Theta \quad (2)$$

Спрощуючи вираз (1.2), отримуємо:

$$d\alpha_l = \frac{V_u \cos \Theta d\Theta}{\sqrt{V_n^2 - V_u^2 \sin^2 \Theta}} = \frac{\cos \Theta d\Theta}{\sqrt{\frac{V_n^2}{V_u^2} - \sin^2 \Theta}} \quad (3)$$

З вищенаведеного виходить, що залежність швидкості зміни α_l (α_c) від швидкості Θ визначається співвідношенням:

$$\Delta \alpha_l = \Delta \alpha_c = \frac{\cos \Theta}{\sqrt{\left(\frac{V_n}{V_u}\right)^2 - \sin^2 \Theta}} \Delta \Theta \quad (4)$$

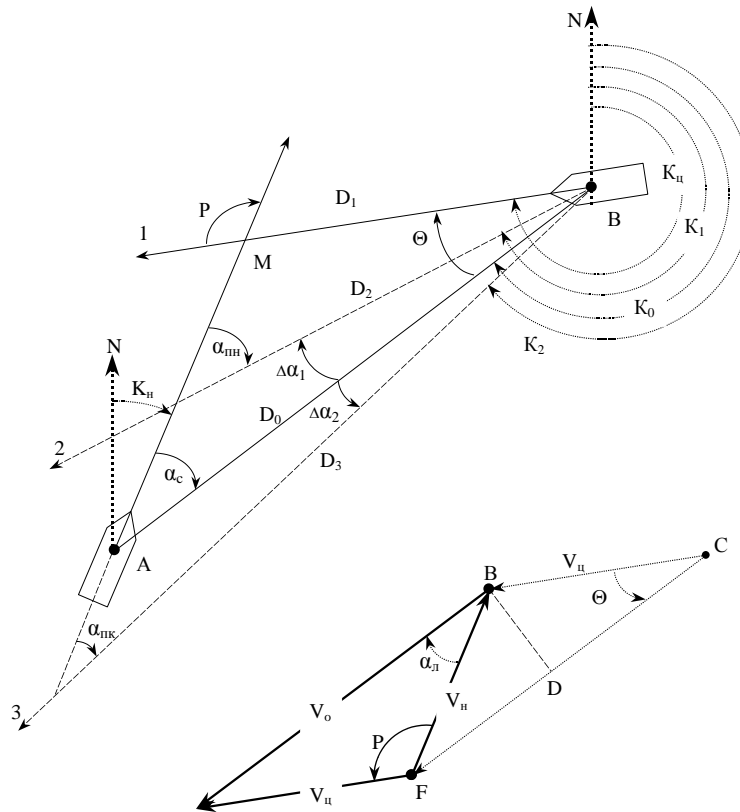


Рисунок 1 – Оцінювання небезпеки зіткнення за зміною кута курсу ЛВР

Вираз (4) дозволяє визначити швидкість зміни кута курсу ЛВР, а відповідно і динаміку зміни поточної навігаційної ситуації – наближення ЛВР до нашого судна по носу або кормі, що може свідчити про зростаючу небезпеку зіткнення.

Додатковим критерієм оцінки небезпеки зіткнення суден слугує динаміка зміни пеленгів цілей. При оцінці небезпеки навігаційної ситуації за зміною пеленгу необхідно керуватися наступними положеннями:

- якщо пеленг наближається, а ціль не змінюється, то розвивається ситуація зближення суден впритул;
- якщо пеленг наближається, а ціль змінюється, то в процесі розвитку ситуації судна розійдуться на деякій відстані, величина якої буде тим менше, чим повільніше змінюється пеленг цілі.

Судно виключається з розгляду СППР при формуванні сценаріїв взаємодії у разі ідентифікації його як безпечного, але моніторинг параметрів руху такого судна триває при перебуванні його в межах зони дії АІС та/або ЗАРП.

Висновки. В умовах інтенсивного застосування сучасних інформаційних технологій у судноводінні, розробка та створення сучасних інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень судноводія являє собою актуальну наукову і практичну задачу сьогодення. Розробка таких систем потребує врахування особливостей взаємодії людини з технічними засобами управління судном. Створення інтелектуальної СППР судноводія дозволить одночасно вирішувати комплекс задач з оперативного управління рухом судна з позицій досягнення завданого рівня безпечності.

У прикладному плані робота спрямована на створення програмного продукту, застосування якого дозволить вирішити важливе науково-прикладне завдання в галузі інформаційних технологій в судноводінні – підвищення безпеки управління суднами за рахунок впровадження новітніх інформаційних технологій, що забезпечить зниження аварійності на морському транспорті та збереження людських життів.

Пропоновані підходи до створення систем підтримки прийняття рішень судноводія та розроблені критерії оцінки небезпеки зіткнення суден дозволяють знизити ризики мореплавства та підвищити економічну ефективність судноводіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Снопков В.И. Безопасность мореплавания / В.И. Снопков, Г.И. Конопелько, В.Б. Васильева // – М. : Транспорт, 1994. – 247 с.
2. Мальцев А.С. Методологические основы маневрирования судов при сближении// А.С.Мальцев, В.В.Голиков., И.В.Сафин., и др.- Одесса : ОНМА, 2013.-218 с.
3. Астреин В.В. Разработка технологий выработки решений по предупреждению столкновения судов в море// . Диссертация на соискание научной степени канд. техн. наук : 05.22.19 «Эксплуатация водного транспорта, судовождение» / Вадим Викторович Астреин. – Новороссийск, 2010. – 152с.
4. Бень А. П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / Бень А. П. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Том 1. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – С. 8-12.
5. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении./А.С. Мальцев, Е.Е. Тюпиков, И.И. Ворохобин.// -Одесса. :ОНМА, 2013. – 303 с.
6. Шерстюк В. Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений по управлению судном в условиях неполной и противоречивой информации / В. Г. Шерстюк, А. П. Бень // Судовождение. – 2007. – Вып. 14. – С. 141-144.
7. Bray, D. J. 1999. Dynamic Positioning Operator Training. The official guide to The Nautical Institute training standards. 2nd edition. London: The Nautical Institute.
8. Ince A.N. Modelling and simulation for safe and efficient navigation in narrow waterways / Ince A.N., Topuz E.J. // Navig.- 2004.- 57, № 1. – P. 53-71.
9. Lisowski J. Game control methods in navigator decision support system/ Lisowski J. // The Archives of Transport. - 2005. - No 3-4, Vol. XVII. – P. 133-147.
10. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. - Vol. 2. - London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
11. Алексишин А.В. Расчет граничных пеленгов к зонам безопасности судов // Науковий вісник ХДМА : – Вып .No 2/7. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – С .8 – 15.
12. Алексишин А.В. Выявление ситуаций опасного сближения судов с помощью граничных пеленгов в автоматизированных комплексах судовождения // Проблемы техники : научно-виробничий журнал ОНМУ, ХНУ . – No 1. – Одесса , 2013. – С .117 –123.
13. Бень А. П. Критерии оценки опасности сближения судов / Бень А. П., Плющ В. Н // Науковий вісник ХДМІ. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2009. – № 1 (1). – С. 12-15.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ФАКТОРОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ СТОЙКОСТЬ ЛПР ПРИ УПРАВЛЕНИИ СУДНОМ

Передерий В.И.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

Борчик Е.Ю.

*Николаевский национальный аграрный университет
(Украина)*

Введение. Информация, собранная морским сообществом на основе анализа аварий, показала, что причиной последних были в большинстве случаев, ни техника и их системы, ни отсутствие технических знаний, а неумение человека соответственно реагировать на конкретные ситуации на море, в которые он попадал. Установлено, что около 10% аварий на флоте возникает в результате действий морской стихии и непреодолимой силы, 15% являются следствием технического несовершенства конструкций судов и оборудования, 75% аварий бывают субъективного характера под влиянием внешних и внутренних факторов в процессе принятия решений.

Важно также учитывать изменчивость и нестабильность влияния внешних и внутренних факторов, что приводит к усилению неопределенности и риска при принятии решения.

Теоретические исследования ряда авторов [1,2] позволили выделить из совокупности внешних и внутренних факторов наиболее важные, влияющие на принятие решений судоводителем. Внутренние факторы – это высокий уровень ответственности, высокая интенсивность психофизиологических процессов, стремление точно выдержать время запланированного перехода. Внешние факторы – это неблагоприятные погодные условия, стесненные условия маневрирования, маневренные характеристики судна, недостаток информации для принятия решения или, наоборот, ее избыток, длительность пребывания судна в сложных навигационных условиях, ограниченное время на принятие решения.

В работе [3] рассмотрены вопросы создания информационной технологии определения, оценки и коррекции функциональной стойкости ЛПР для процесса принятия релевантных решений в сложных человеко-машинных системах критического применения. Выделены основные наиболее негативно влияющие факторы на функциональную стойкость ЛПР в критических ситуациях.

Как показывает анализ источников, решению вопросов учета взаимосвязи и оценки влияния внешних и внутренних факторов на функциональную стойкость ЛПР в процессе принятия решений, уделено недостаточно внимания.

Для устранения указанных недостатков в данной работе предлагается информационная технология оценки степени влияния внешних и внутренних факторов на функциональную стойкость ЛПР, при управлении судном (рис.1).

Для оценки степени влияния каждого из приведенных факторов целесообразно воспользоваться экспертными методами. На сегодняшний день хорошо зарекомендовал себя квалиметрический подход, который позволяет осуществлять построение иерархической структуры показателей, определение абсолютных показателей, определение весовых коэффициентов и их комплексной оценки [4].

При практической реализации данного метода получены следующие результаты.

Абсолютные показатели сформулированных критериев определялись экспертами, которые указывали свою весовую оценку по каждому критерию.

Оценочный показатель эффективности рассчитывался как сумма произведений весомости и значимости критериев:

$$\Phi_i = \sum K_i^z K_i^\mu \quad (1)$$

где: Φ_i - оценочные показатели ($\Phi_{вс}, \Phi_{пс}, \Phi_{кс}$), что влияют на эффективность принятия решений, K_i^z и K_i^μ - соответственно коэффициенты весомости и значимости критериев соответствующего фактора. (табл.1)

Результаты экспертного оценивания факторов приведены в таблице 1.

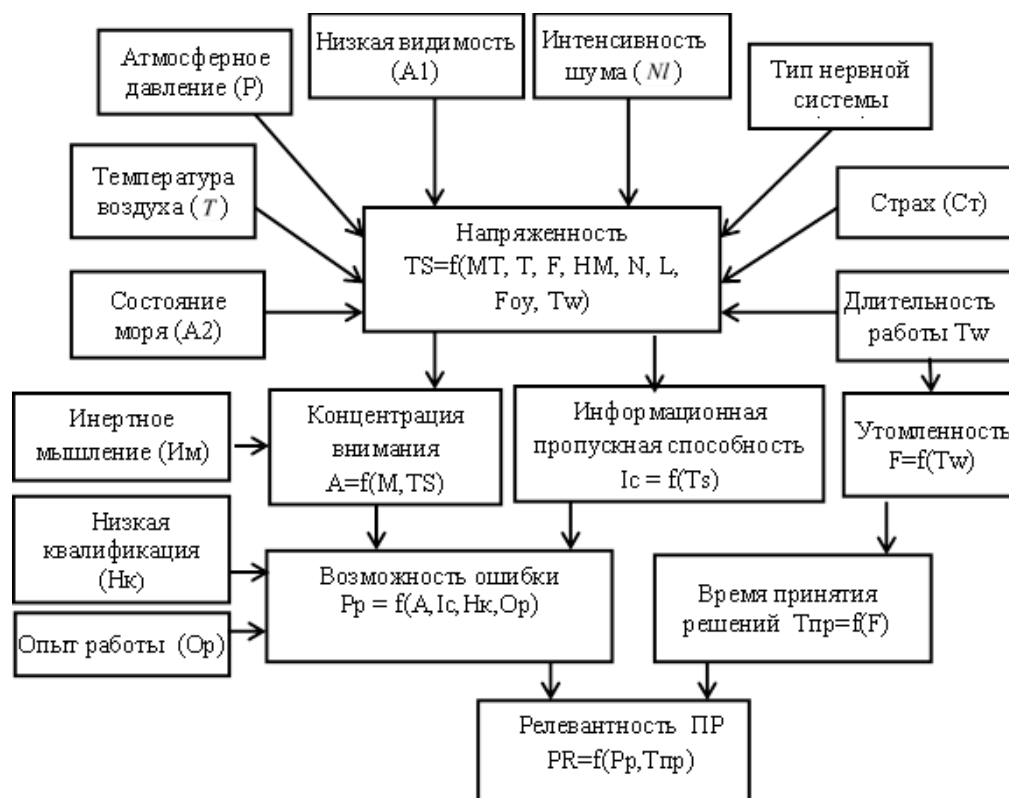


Рисунок 1– Информационная технология оценки степени влияния внешних и внутренних факторов на функциональную стойкость ЛПР

Для оценки степени влияния внешних и внутренних факторов на функциональную стойкость ЛПР, при управлении судном, целесообразно использовать математический аппарат Байесовских сетей доверия (БМД), который на сегодняшний день является одной из наиболее соответствующих моделей, предназначенных для работы с неполной, неточной и противоречивой информацией [5].

Как видно из БСД (рис. 2) степень напряженности ЛПР зависит от того, в какой степени негативно на него влияет окружающая среда. Пусть вершина БСД «Окружающая среда» принимает два значения: «негативно», если окружающая среда негативно влияет на ЛПР, и «позитивно» в противном случае. На случайную величину «Окружающая среда» влияют факторы внешней среды (табл. 1). При этом наибольшее влияние на ЛПР оказывают только два из них, записанных в порядке убывания весового коэффициента: низкая видимость A1 и состояние моря A2.

Таблица 1– Весомость основных факторов влияния на ЛПП при управлении судном

Основные факторы влияния на ЛПП	Вес
Факторы внешней среды Фвс	
Низкая видимость (A1)	0,33
Интенсивность шума (NI)	0,2
Состояние моря (A2)	0,25
Атмосферное давление (P)	0,12
Температура воздуха (T)	0,1
Факторы психологического состояния Фпс	
Ограниченная информационная пропускная способность (Ic)	0,1
Степень утомленности (F)	0,35
Ограниченность времени принятия решения (Тпр)	0,2
Страх (Ст)	0,25
Длительность работы Тw	0,1
Факторы когнитивной составляющей Фкс	
Тип нервной системы (Тнс)	0,1
Инертное мышление (Им)	0,2
Недостаточная концентрированность внимания (Акв)	0,25
Низкая квалификация (Нк)	0,15
Опыт работы (Ор)	0,3

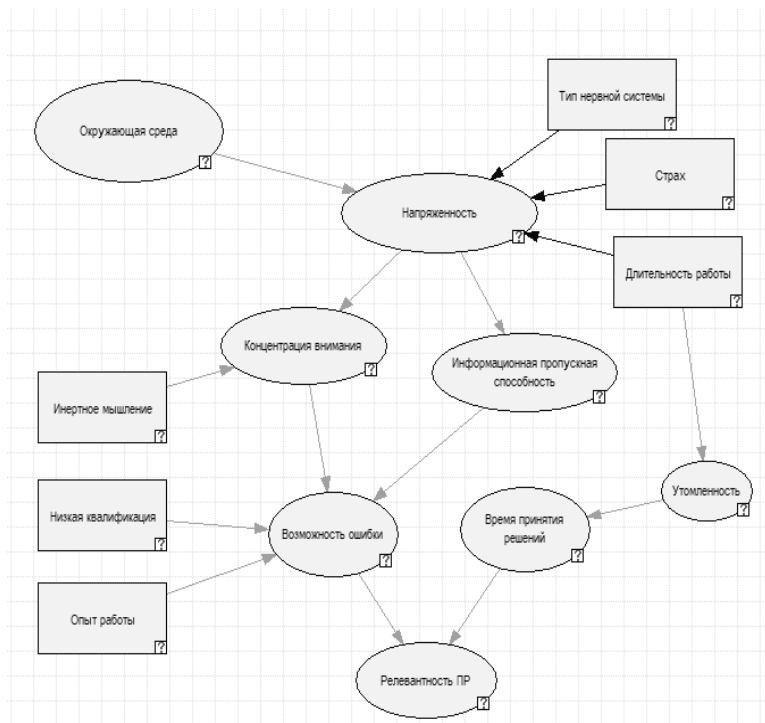


Рисунок 2 – Байесовская сеть доверия оценки степени влияния внешних и внутренних факторов на функциональную стойкость ЛПП

При решении задачи на БСД возникает вопрос о том, какова вероятность **P** того, что случайная величина "Окружающая среда" принимает значение "негативно". Для ответа

на этот вопрос создадим систему прогнозирования значений вероятностей, в основу которой положим нечеткий логический вывод по алгоритму Мамдани по нечеткой базе знаний, в которой значения входных и выходной переменной заданы нечеткими множествами. Учитывая, что наиболее заметное влияние на ЛПП оказывают факторы низкая видимость A_1 и состояние моря A_2 предлагается следующая нечеткая база знаний:

ПРАВИЛО 1: ЕСЛИ u_1 есть "не норма" И u_2 есть "не норма" ТО v есть "высокая"

ПРАВИЛО 2: ЕСЛИ u_1 есть "не норма" И u_2 есть "норма" ТО v есть "выше среднего"

ПРАВИЛО 3: ЕСЛИ u_1 есть "норма" И u_2 есть "не норма" ТО v есть "средняя"

ПРАВИЛО 4: ЕСЛИ u_1 есть "норма" И u_2 есть "норма" ТО v есть "низкая".

Здесь через u_1 , u_2 обозначены лингвистические переменные "видимость", "волнение моря" соответственно, а через v – лингвистическая переменная "вероятность того, что случайная величина "Окружающая среда" принимает значение "negative".

Для описания лингвистических переменных u_1 , u_2 будем использовать терм - множество { "норма", "не норма" }, а для переменной v – терм - множество { "низкий", "ниже среднего", "средний", "выше среднего", "высокий" }.

Функции принадлежности $\mu_1(x_1)$, $\mu_2(x_2)$ термов "норма", "не норма", лингвистических переменных u_1 , u_2 будем задавать в виде двухсторонней гауссовской функции, а функции принадлежности термов лингвистической переменной v в виде симметричной гауссовской функции.

При расчете вероятности P с помощью пакетов **Fuzzy Logic**

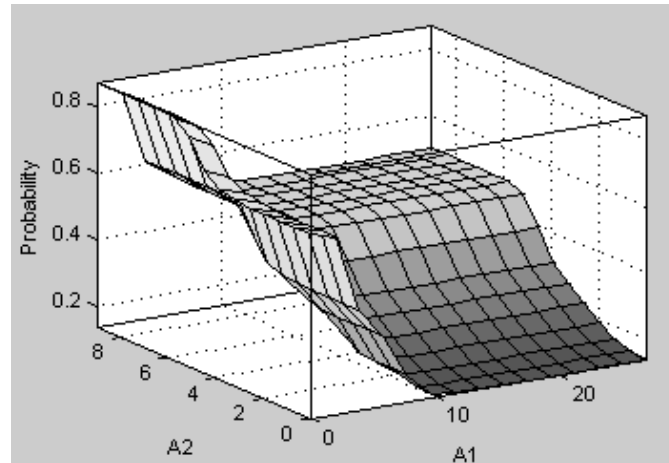
Toolbox и **Optimization Toolbox** в качестве интервалаов нормативных значений для факторов "видимость" и "волнение моря" использовались [6] следующие интервалы $0 \leq A_1 \leq 1$ (миля) и $0 \leq A_2 \leq 4$ (балл).

В качестве примера расчета по рассмотренной выше нечеткой модели на рисунке 3 приведен график зависимости вероятности P негативного влияния окружающей среды на ЛПП от основных факторов: A_1 - видимости A_2 – волнения моря.

Как видно из приведенного графика наибольшее значение вероятность P достигает при одновременном отклонении от нормы значений факторов A_1 и A_2 , а минимальное значение (близкое к нулю) P достигает, если значения факторов A_1 и A_2 нормальные.

Наконец из графика видно, что при отклонении значений A_1 от нормы при нормальных значениях A_2 вероятность P будет выше, чем при отклонении значений A_2 от нормы при нормальных значениях A_1 . Это означает, что фактор A_1 сильнее влияет на ЛПП, чем фактор A_2 .

Рассмотренный расчет показывает, что нечеткая логическая модель приводит к согласующимся с опытом выводам.



Р

Рисунок 3 – Графік залежності ймовірності негативного впливу оточуючої середовища на ЛПП від факторів А1- видимості і А2 - хвилювання моря

Висновки. Предложена інформаційна технологія оцінки ступеня впливу взаємопов'язаних зовнішніх і внутрішніх факторів, дозволить в реальному часі коректувати функціональну стійкість ЛПП, в процесі прийняття релевантних рішень в управлінні судном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crowch T. Navigating the Human Element. / T. Crowch. MLB Publishing, Kent. UK, 2013, 223p.p.
2. Hadnet E. A. Bridge too Far / E. Hadnet, Seaways, Jan. 2008/.
3. Perederiy V., Borchik E. Information technology for determination, assessment and correction of functional sustainability of the human-operator for the relevant decision-making in human-machine critical application systems. Theoretical and practical aspects of the development of modern science: the experience of countries of Europe and prospects for Ukraine: monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing", 2019. – Pp. 490-509.
4. Квалиметрия. Материал из Википедии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F>.
5. Murphy K. A brief introduction to graphical models and Bayesian networks / Technical report 2001-5-10, department of computer science, University of British Columbia, Canada, May 2001. - 19 p.
6. Shtovba S.D.: Vvedenie v teoriyu nechetkix mnozhestv i nechetkuyu logiku [Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic]. <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1>, (in Russian).

ПІДХІД ДО ОРГАНІЗАЦІЇ МАСОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖУ НА ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ

Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудіна І.І., Ремех І.О., Майданик К.О.

*Національний транспортний університет
(Україна)*

Вступ. Ефективне функціонування вантажних митних комплексів (ВМК) та терміналів вздовж кордону України забезпечує оптимізацію роботи рухомого складу транспортних підприємств, що займаються міжнародними перевезеннями вантажів. Доставка вантажу з використанням ВМК у якості проміжних тимчасових пунктів збереження вантажу при регулярних міжнародних перевезеннях вантажів дозволить збільшити кількість автопоїздів українських автотранспортних підприємств (АТП) на маршрутах, які включають європейські автомагістралі [1].

Актуальність досліджень. В міжнародних перевезеннях вантажів за маршрутом Україна-ЄС та ЄС-Україна пунктом перевантаження може виступати ВМК, який знаходиться на українській стороні кордону [2]. Західні області України, які межують з країнами-членами ЄС, за умови ефективного транскордонного співробітництва, дозволяють використовувати вигідний геополітичний потенціал держави [3]. Довгострокові проекти щодо використання ВМК вздовж західного кордону – один із варіантів раціоналізації вантажних перевезень, тому раціональна організація роботи і співпраці АТП із термінальними і складськими комплексами є дуже важливою і актуальною.

Наведемо опис підходу, який вирішує задачу поетапного транспортування вантажів (багатоетапна транспортна задача – БТЗ) в її мережевому уявленні. При цьому розглядаються два варіанти, коли сумарні складські приміщення споживачів вантажу і проміжних пунктів більше або рівні (перший), або менше (другий) обсягів вантажу, який пропонується для перевезення постачальниками вантажу.

Математична постановка задачі. Припустимо ми маємо m пунктів постачання (ПП) однорідного вантажу A_1, A_2, \dots, A_m , які мають його, відповідно, в обсягах a_1, a_2, \dots, a_m і n пунктів його споживання (ПС) B_1, B_2, \dots, B_n , які мають заявки на нього в обсягах, відповідно, b_1, b_2, \dots, b_n (рис. 1). Причому загальні обсяги поставок цього вантажу перевищують загальні обсяги заявок на нього, а саме:

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j. \quad (1)$$

Припустимо також, що є l проміжних складських пунктів (СП) C_1, C_2, \dots, C_l для тимчасового зберігання надлишків вантажу, які можуть вмещати його в обсягах, відповідно, c_1, c_2, \dots, c_l , при цьому можуть виникнути два різних варіанта співвідношень

$\sum_{i=1}^m a_i, \sum_{j=1}^n b_j$ і $\sum_{k=1}^l c_k$ при обов'язковому виконанні умови (1):

$$\text{1-й варіант:} \quad \sum_{j=1}^n b_j + \sum_{k=1}^l c_k \geq \sum_{i=1}^m a_i, \quad (2)$$

$$\text{2-й варіант:} \quad \sum_{j=1}^n b_j + \sum_{k=1}^l c_k < \sum_{i=1}^m a_i. \quad (3)$$

Результати досліджень. Розглянемо найбільш цікавий з практичної точки зору 2-й варіант на конкретному прикладі перевезень вантажу на транспортній мережі (ТМ), у якої (рис. 1): кількість ПП вантажу $m = 2$ (A_1, A_2), в яких $a_1 = 10$ одиниць вантажу (о.в.), $a_2 = 10$ о.в.; кількість ПС вантажу $n = 4$ (B_1, B_2, B_3, B_4), в яких $b_1 = 2$ о.в., $b_2 = 2$ о.в.; $b_3 = 2$ о.в.,

$b_4 = 2$ о.в.; кількість проміжних СП $l = 3$ (C1, C2, C3), причому їх місткість буде складати: $c_1 = 1$ о.в., $c_2 = 1$ о.в., $c_3 = 1$ о.в. Також на ТМ присутній проміжний транзитний пункт D1.

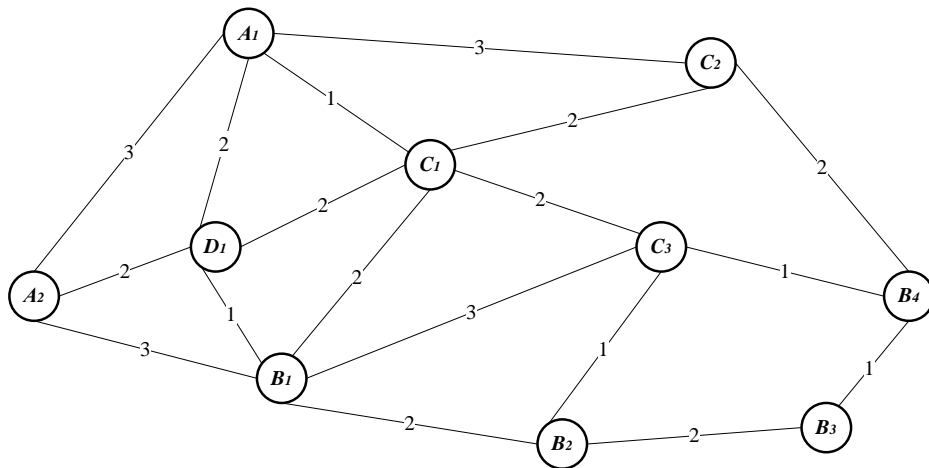


Рисунок 1 – Вихідна транспортна мережа

Для цієї мети був спроектований програмно-інструментальний комплекс (ПІК) по розв’язанню проблеми планування і подальшого здійснення масових вантажних перевезень за допомогою алгоритмічної мови програмування Delphi та макросів Visual Basic for Application для сумісної роботи з табличним процесором Excel.

Процес функціонування ПІК включає 4 кроки, які представлені на рис. 2-5.

На рис. 2 представлено діалогове вікно завдання структури перевезень, тобто кількості ПП, ПС та СП.

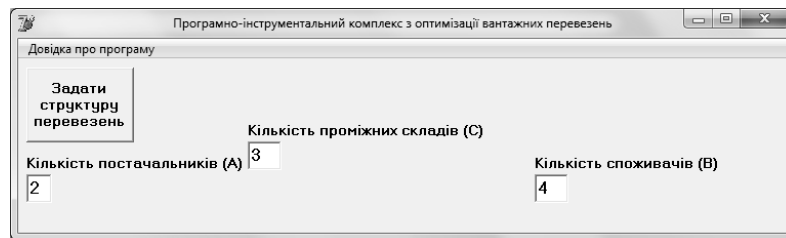


Рисунок 2 – Діалогове вікно 1-го кроку роботи ПІК

На рис. 3 представлено діалогове вікно введення обсягів перевезень вантажу, тобто

$$\sum_{i=1}^m a_i, \sum_{j=1}^n b_j, \sum_{k=1}^l c_k.$$

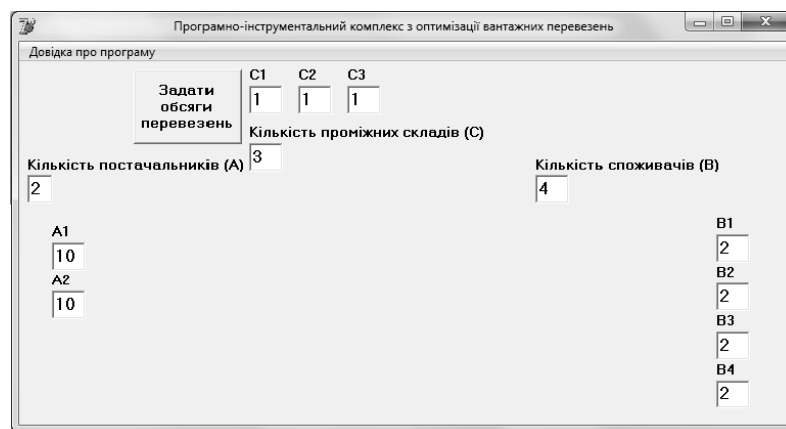


Рисунок 3 – Діалогове вікно 2-го кроку роботи ПІК

На рис. 4 представлено діалогове вікно введення матриці транспортних комунікацій ТМ, тобто найкоротших відстаней між ПП і ПС, ПП і СП, СП і ПС.

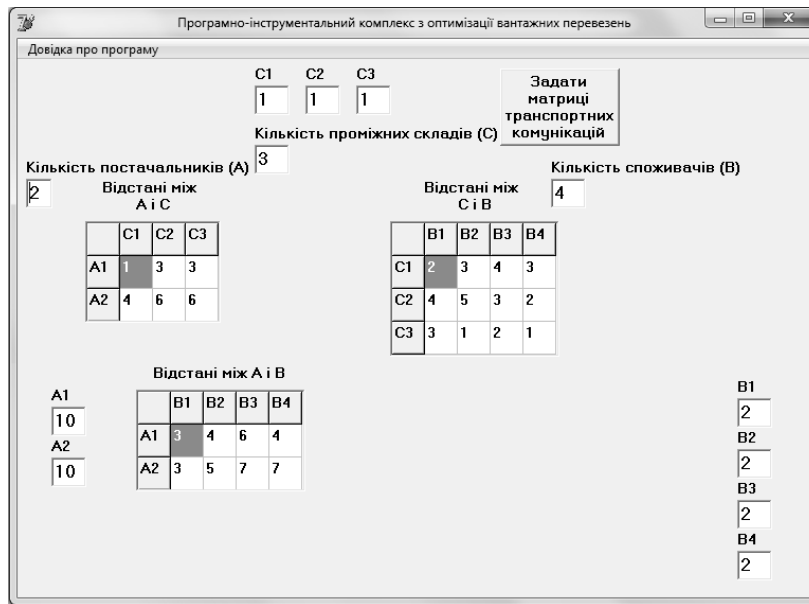


Рисунок 4 – Діалогове вікно 3-го кроку роботи ПІК

Рисунок 5 містить діалогове вікно 4-го кроку роботи ПІК, на якому схематично представлені результати виконання ПІК, а саме: обсяги перевезення вантажу між ПП А1, А2 і СП В1, В2, В3, В4 на першому етапі доставки вантажу (вартість його реалізації складає 35 у.г.о.); обсяги перевезення вантажу між ПП А1 і СП С1, С2, С3 також на першому етапі доставки вантажу (вартість його реалізації складає 7 у.г.о.); обсяги перевезення вантажу між СП С1, С2, С3 і ПС В1, В4 на другому етапі доставки вантажу (вартість його реалізації складає 5 у.г.о.); обсяги перевезення вантажу між ПП А1, А2 і ПС В1, В2, В3, В4 на третьому етапі доставки вантажу (вартість його реалізації складає 38 у.г.о.); сумарна вартість (поточна) здійснення усіх трьох етапів доставки вантажу складає 85 у.г.о.

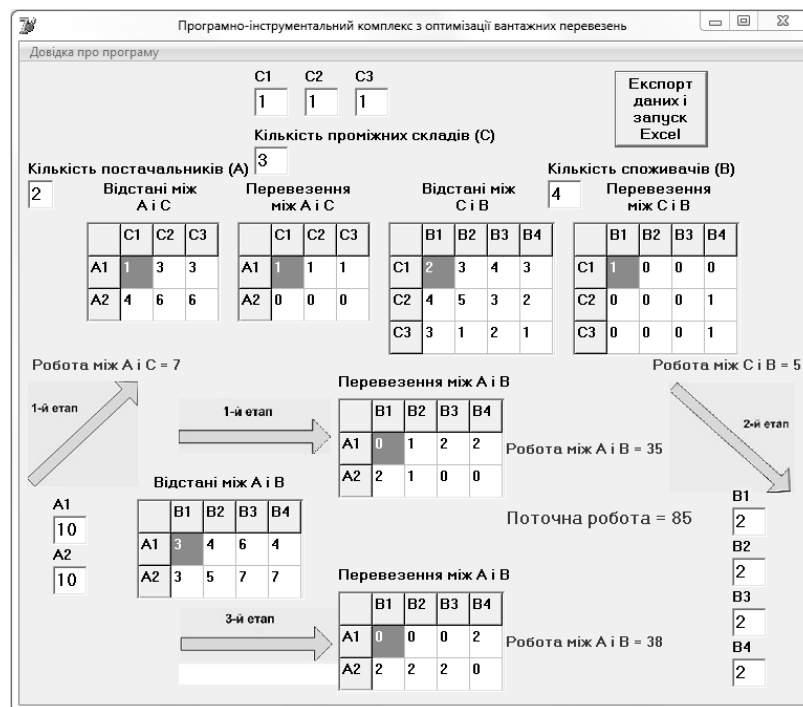
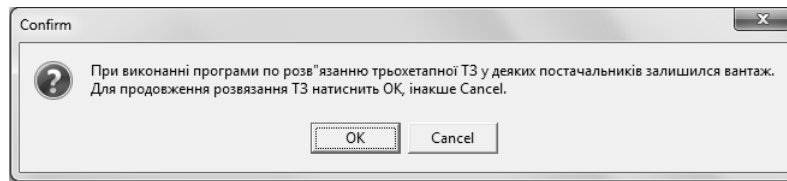


Рисунок 5 – Діалогове вікно 4-го кроку роботи ПІК

У той же час на екран виводиться інформаційне повідомлення, яке інформує користувача про продовження розрахунків:



Після натискання клавіші ОК розв'язання БТЗ продовжується і у результаті на рис. 6 представлено діалогове вікно по доставці вантажу по суті на четвертому етапі. На цьому рисунку (див. рис. 6) схематично представлені результати виконання цього останнього кроку роботи ПК, а саме: обсяги перевезення вантажу між ПП А2 і ПС В1 вартістю у 3 у.г.о. і сумарна вартість (остаточна) здійснення усіх чотирьох етапів доставки вантажу, яка складає 88 у.г.о.

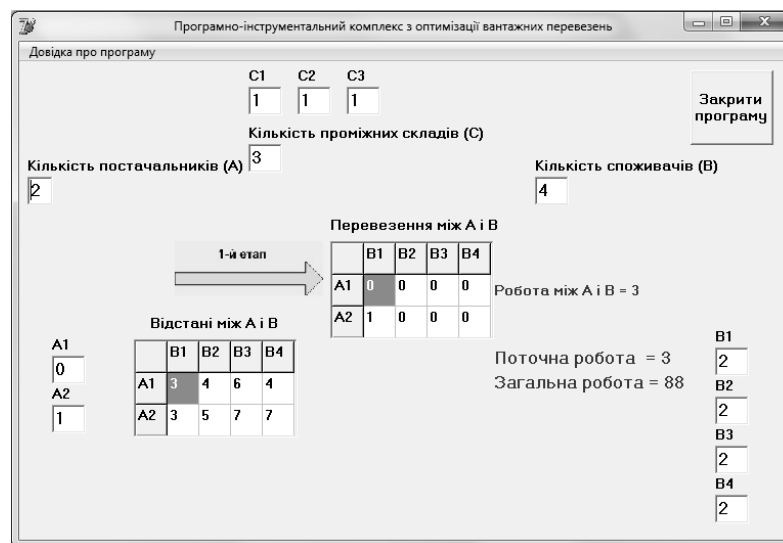


Рисунок 6 – Діалогове вікно 4-го етапу роботи ПК

Висновки. Представлений підхід до оптимізації масових вантажних перевезень на ТМ демонструє один з напрямів цього рішення, але має наступні обмеження:

- на 2-ому, 3-ому і подальших етапах зроблено припущення про готовність всіх його одержувачів до розміщення цього вантажу в об'ємах, відповідних їх первинним замовленням;
- для успішного застосування запропонованого підходу необхідно попередньо перетворити мережеву модель представлення перевезень вантажу до табличного вигляду;
- ПК може буде застосований для ТМ малої та середньої розмірності у зв'язку з обмеженістю середовища його реалізації – табличного процесора Excel.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стратегія сталої логістики та план дій для України. URL: <https://mtu.gov.ua/files/Logistics.pdf> (дата звернення 20.05.2018).
2. Г.С. Прокудін, І. О. Ремех, К. О. Майданик та ін. Ефективність застосування системи тягових плечей при перевезенні вантажів у міжнародному сполученні. Systemy i srodki transportu samochodowego. Monografia nr 10. [monographia] pod redakcja naukowa K. Lejdy Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. 2017. №10. С.79–86.
3. Є.А. Ерфан, М. Ю. Король. Сучасний стан розвитку прикордонної інфраструктури України з країнами ЄС. Науковий вісник Мукачівського державного університету. 2017. №1. С. 22–29.

АПРОБАЦІЯ МЕДІАНИ КЕМЕНІ ДЛЯ НЕПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ГРУПОВОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВАГ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ НА МНОЖИНІ ХАРАКТЕРНИХ ПОМИЛОК

Рева О.М., Камішин В.В.

*Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»
(Україна, м. Київ)*

Невиніцин А.М., Шульгін В.А.

*Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна, м. Кропивницький)*

Ефективна реалізація поточної парадигми безпеки польотів (БП) ІСАО [1] має обов'язково передбачати проактивне (превентивне) урахування в системі управління цією безпекою можливі прорахунки, помилки, порушення тощо в діяльності авіаційного персоналу [2]. Зокрема, йдеться про професійну діяльність авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (диспетчерів управління повітряним рухом (УПР), членів льотного екіпажу), які здійснюють суттєвіший внесок (як позитивний, так і негативний [3]) у забезпечення БП.

Результати досліджень, узагальнені у працях [4-6], вказують, що сучасний підхід до реалізації зазначеної парадигми БП ІСАО має відбуватися з урахуванням впливу людського чинника (ЛЧ) на прийняття рішень (ПР) авіаційним персоналом, а отже і на взаємодію складових концепції безпеки ІСАО. Внаслідок цього провідним слід визначити таку складову парадигми безпеки, як «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов» [4-7]. Причому обґрунтовано, що це «ставлення» утворюється такими показниками: основні домінанти ПР в умовах ризику, нечіткі оцінки ризику відповідно до критеріїв ІСАО [1], рівні домагань, системи переваг (СП), небезпечні стратегії поведінки, оперативного мислення та ПР тощо. Причому усі перелічені показники визначаються на характеристиках професійної діяльності, що, з одного боку, сприяє їх чіткому уявленню та сприйняттю, а з іншого боку, дало змогу для кваліметрії цих показників.

Знання СП АО «переднього краю», зокрема диспетчерів УПР (ДУПР), є важливим, оскільки, по-перше, дозволяє виявити їх унікальний особистий досвід долаття потенційно-конфліктних, конфліктних та аварійних ситуацій в професійній діяльності, чому сприяє ретельне вивчення індивідуальних СП (ІСП). По-друге, аналіз групових СП (ГСП) сприяє виявленню певних вад / переваг професійної підготовки, пов'язаною із особливістю впливу інструкторського персоналу на концептуальну модель діяльності ДУПР в процесі виконання тренувальних вправ.

Користуючись попарним порівнянням та нормативним способом встановлення частини сумарної небезпеки порівнюваних альтернатив, $m=37$ ДУПР, співробітників державного підприємства «Украерорух» та Льотної академії Національного авіаційного університету, експлікували свої думки щодо ставлення до небезпек таких $n=21$ характерних помилок, яких вони можуть припуститися в професійній діяльності:

- П₁ – порушення фразеології радіообміну;
- П₂ – неузгодженість входу повітряного судна (ПС) в зону суміжного УПР;
- П₃ – порушення побіжних часових інтервалів;
- П₄ – порушення зустрічних часових інтервалів;
- П₅ – порушення інтервалів між ПС, які знаходяться на курсах, що перетинаються;
- П₆ – безадресна передача повідомлень АД;
- П₇ – помилка у визначенні позивного ПС;
- П₈ – помилка в ідентифікації ПС;
- П₉ – помилкове використання диспетчерського графіку;

П₁₀ – відсутність на стрипі позначки АД про передачу управління суміжному диспетчерському пункту;

П₁₁ – відсутність на стрипі позначки АД щодо узгодження входу ПС в зону УПР суміжного диспетчерського пункту;

П₁₂ – порушення АД узгодженого географічного рубежу передачі УПР;

П₁₃ – порушення АД узгодженого часового рубежу передачі УПР;

П₁₄ – недбалість в нанесенні на стрип літерно-цифрової інформації (можливість двоякої інтерпретації);

П₁₅ – неекономічне УПР;

П₁₆ – порушення процедури прийому і здачі чергування;

П₁₇ – невідображення на стрипі виданих команд щодо зміни висоти або напрямку польоту;

П₁₈ – спроба керувати ПС після спрацьовування на ньому системи TCAS в режимі resolution advice;

П₁₉ – помилки вводу інформації про ПС в автоматизовану систему;

П₂₀ – порушення технології праці при особливих випадках у польоті;

П₂₁ – порушення в використанні повітряного простору.

За допомогою такої стратегії групових рішень як підсумовування та усереднення рангів помилок, встановлених випробуваними ДУПР в ІСП, було отримано таку ГСП:

$$P_{18} \succ_n P_{20} \succ_n P_5 \succ_n P_4 \succ_n P_{21} \succ_n P_3 \succ_n P_8 \succ_n P_2 \succ_n P_{17} \succ_n P_{13} \succ_n P_6 \succ_n P_{12} \succ_n P_{16} \succ_n P_1 \succ_n P_{19} \succ_n P_7 \succ_n P_9 \succ_n P_{14} \succ_n P_{11} \succ_n P_{15} \succ_n P_{10}, \quad (1)$$

де \succ_n - позначка переваги небезпеки однієї помилки перед іншою у ГСП (1), що агрегує ІСП, побудовані за допомогою нормативного розподілу сумарної небезпеки.

Обчислений коефіцієнт конкордації Кендалла, що визначає ступінь узгодженості думок випробуваних ДУПР у ГСП (1), дорівнює величині $W = 0,2728$ і є статистично вірогідним, оскільки виконується умова: $c_{emp.}^2 = 201,41 \gg c_{36, a=1\%}^2 = 61,58$. Однак, велика кількість ранжируваних альтернатив-помилки і велика кількість випадково відібраних ДУПР, залучених до опитування, сприяло суттєвій варіативності думок випробуваних, що негативно вплинуло на абсолютне значення коефіцієнта конкордації. Тому не виконується критеріальне обмеження на мінімальне прийнятне значення цього коефіцієнту [8]:

$$W_{min} \geq 0,7 \quad (2)$$

Враховуючи наведене, було застосовано диференційний метод визначення частини сумарної небезпеки порівнюваних помилок, що призвело до такої уточненої ГСП [9, 10]:

$$P_{18} \succ_{dif} P_{20} \succ_{dif} P_5 \succ_{dif} P_{21} \succ_{dif} P_4 \succ_{dif} P_3 \succ_{dif} P_8 \succ_{dif} P_{17} \succ_{dif} P_{13} \succ_{dif} P_2 \succ_{dif} P_{16} \succ_{dif} P_{19} \succ_{dif} P_6 \succ_{dif} P_{12} \succ_{dif} P_7 \succ_{dif} P_1 \succ_{dif} P_{14} \succ_{dif} P_{11} \succ_{dif} P_9 \succ_{dif} P_{10} \succ_{dif} P_{15}, \quad (3)$$

де \succ_{dif} - позначка переваги однієї помилки перед іншою у ГСП (3), в якій агреговані ІСП, знайдені диференційним методом визначення частини сумарної їх небезпеки.

На ефективність диференційного методу вказує збільшення у 1,92 рази значення коефіцієнта конкордації Кендалла: $W_{dif} = 0,5237$ і є статистично вірогідним, оскільки:

$c_{emp. dif.}^2 = 387,508 \gg c_{36, a=1\%}^2 = 61,58$. Однак, як бачимо, знову не виконується умова (2).

Тому, застосовуючи багатокрокову процедуру виявлення і відсіювання маргінальних думок, вихідні $m = 37$ ІСП випробуваних ДУПР було редуковано до $m_A = 27$ ІСП. Їх агрегація призвела до такої ГСП [11]:

$$\begin{aligned}
 & P_{18} \succ_{m_A} P_{20} \succ_{m_A} P_5 \succ_{m_A} P_{21} \succ_{m_A} P_4 \succ_{m_A} P_3 \succ_{m_A} P_8 \succ_{m_A} P_{17} \succ_{m_A} P_{13} \succ_{m_A} P_2 \succ_{m_A} P_{16} \succ_{m_A} \\
 & \succ_{m_A} P_{19} \succ_{m_A} P_6 \succ_{m_A} P_{12} \succ_{m_A} P_7 \succ_{m_A} P_1 \succ_{m_A} P_{14} \succ_{m_A} P_{11} \succ_{m_A} P_9 \succ_{m_A} P_{10} \succ_{m_A} P_{15},
 \end{aligned} \tag{4}$$

де \succ_{m_A} - позначка переваги за небезпекою однієї помилки перед іншою у ГСП (4), що

побудована після виявлення і відсіювання маргінальних думок респондентів-ДУПР.

Емпіричне значення коефіцієнта конкордації Кендалл для ГСП (4) дорівнює величині $W_{m_A} = 0,700$, задовольняє умові (2) і є статистично вірогідним, оскільки:

$c_{emp.m_A}^2 = 377,748 \gg c_{26,a=1\%}^2 = 48,29$. Однак, ГСП (4) будувалася шляхом простої адитивної агрегації рангів помилок з ІСП. А це означає, що думка когось з експертів-ДУПР щодо незвичайної небезпеки однієї помилки, умовно кажучи, компенсується думкою іншого щодо її невеликої небезпеки. Отже, ГСП (4), хоча і є статистично узгодженою, однак в той же час є ще і певним чином ризикованою. Тому порушується питання її оптимізації, тобто «усереднення» думок експертів усередині простору узгоджених думок.

Виходячи з наведеного та враховуючи досвід досліджень [12-14], вважаємо доцільним застосування з цією метою так званої медіани Кемені, яка є еквівалентом середнього в шкалах квазіпорядку і вільна від протиріч, пов'язаних з виявлення групових думок за правилом більшості (парадокс Ерроу). Технологія побудови медіани Кемені будується на обчисленні так званої матриці штрафів. Вважаючи, що ранжирування, подані як парні відстані, знаходяться у евклідовому метричному просторі, визначається середній елемент як центр такого простору. Такий центральний елемент є також ранжируванням і має сенс медіани Кемені.

Знайдено таке ранжирування помилок, яке має сенс медіани Кемені:

$$\begin{aligned}
 & P_{18} \succ_{med} P_{20} \succ_{med} P_4 \succ_{med} P_5 \succ_{med} P_{21} \succ_{med} P_3 \succ_{med} P_8 \succ_{med} P_2 \succ_{med} P_{13} \succ_{med} P_{12} \succ_{med} P_{16} \succ_{med} \\
 & \succ_{med} P_{17} \succ_{med} P_6 \succ_{med} P_{19} \succ_{med} P_7 \succ_{med} P_1 \succ_{med} P_{14} \succ_{med} P_{11} \succ_{med} P_{10} \succ_{med} P_9 \succ_{med} P_{15} \succ_{med},
 \end{aligned} \tag{5}$$

де \succ_{med} - позначка переваги безпеки однієї помилки перед іншою у медіані Кемені.

Статистично узгоджена ГСП (4) і отримана медіана Кемені (5) мають надзвичайно високий рівень збігу: коефіцієнт рангової кореляції Спірмена дорівнює майже абсолютній величині $R_S = 0,9688$ і є статистично вірогідним на надзвичайно високому рівні значущості $\alpha = 1\%$. Однак, у якості остаточної слід вибрати все ж ГСП (5), оскільки вона має саме оптимізаційний характер.

Висновки. 1) Знайшла подальший розвиток технологія побудови медіани Кемені, що вирішує задачу непараметричної оптимізації усередині групи узгоджених думок випробуваних ДУПР щодо небезпек характерних помилок, яких вони припускаються у професійній діяльності.

2) Медіана як оптимізоване ранжирування має надзвичайно високий ступінь збігу з статистично узгодженою ГСП, визначеною шляхом агрегації ІСП, отриманих за допомогою диференційного методу визначення частини від сумарної небезпеки помилок: коефіцієнт рангової кореляції Спірмена дорівнює величині $R_S = 0,9688$ і є статистично вірогідним на рівні значущості $\alpha = 1\%$. Однак, більш прийнятною для подальшого застосування слід вважати медіану Кемені, оскільки вона є рішенням саме оптимізаційної задачі.

3) Подальші дослідження помилкових дій ДУПР слід проводити у напрямках:

- вдосконалення переліку характерних помилок з урахуванням сучасної статистики причин виникнення авіаційних подій;
- розроблення науково-методичних рекомендацій з організації особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки, яка враховує індивідуальні ІСП ДУПР.

ЛІТЕРАТУРА

1. Safety Management Manual (SMM) [Electronic resource] : Doc ICAO 9859 – AN/460. - Fourth Edition (advance unedited). - Montreal, Canada, 2018.
2. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением : Cir. ICAO 314. - AN / 178. – Монреаль, Канада, 2008.
3. Рева, А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов : Проактивное исследование влияния [Текст] : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.
4. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін та ін. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., - Херсон, 24-26 травня 2016 р. – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 90-97.
5. Рева, О. М. Сучасні проблеми людського чинника в авіації : навч. посіб. [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін ; под ред. О. М. Реви. – К. : Укр ІНТЕІ, 2018. – 124 с.
6. Системно-інформаційна методологія проактивної кваліметрії впливу людського чинника на прийняття рішень в аеронавігаційних системах : монографія [Текст] / 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.
7. 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.
8. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. – К. : МАКИС, 2007. - 336 с.
9. 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.
10. Диференціальний метод встановлення порівняльної небезпеки помилок авіадиспетчерів / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, В. А. Шульгін // Наука, технології, інновації : наук ж. – К. : УкрІНТЕІ, 2019. - № 3 (11). – С. 70-82.
11. Багатокрокова процедура прийняття рішень щодо узгодженості групових систем переваг авіадиспетчерів / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, С. В. Радецька // Технічне регулювання, метрологія, інформаційні та транспортні технології : матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф., - Одеса, 14-15 листопада 2019 р., - Одеса : ОДАТРА, 2019. – С. 147-152.
12. Кемени, Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения / Дж. Кемени, Дж. Снелл Дж. – М.: Советское радио, 1972. – 192 с.
13. Орлов, А.И. Прикладная статистика : учебник / А.И. Орлов. – М. : Издательство «Экзамен», 2006. – 671 с.
14. Рева, О.М. Медіана Кемені як групова система переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок [Текст] / О.М. Рева, В.В. Камишин, Ш.Ш. Насиров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: науково-технічний журнал. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2012. - №4. – С.106-115.

DATA STRUCTURE FOR AVIATION ENGINE INFORMATION SYSTEMS

Tovkach S.S.

*National Aviation University
(Ukraine, Kyiv)*

Introduction. For an aircraft engine operating under conditions of unsteady heat and power loading, mathematical models that describe the kinetics of processes occurring in parts and nodes are topical. At the same time, the integration of gas dynamics, thermal conductivity and stress-strain state (SSS) models into single complexes is necessary, that is, into simulation computing unit that allow simulation modeling of parts and nodes at the design stage under conditions that are closest to the operating conditions. The development of such computing units places high requirements on mathematical models, algorithms, and software.

Researches of eminent scientists in area of design the information control systems the aviation engine can be defined by Link C. Jaw, Jack D. Mattingly [1], O.S. Gurevich, Ramona Nelson, Nancy Staggers; Dangsong Zeng, John C.Gonda, by international companies Securaplane technologies, Boeing, Dryden Flight Research Center NASA, Honeywell according to the standards of EUROCAE.

The **goal** of the research is to define solutions that are effective in the construction of multi-link engine information systems in which the issue of information exchange between various applications operating in a single information space is of fundamental importance.

Principle of adaptation and the problem of data unity. Naturally, all mathematical models (regardless of complexity level) must satisfy the principles of adaptation, development and data unity (fig. 1). Only under this condition it is possible to create an effective system for designing elements and nodes of gas turbine engines (GTE) [2].

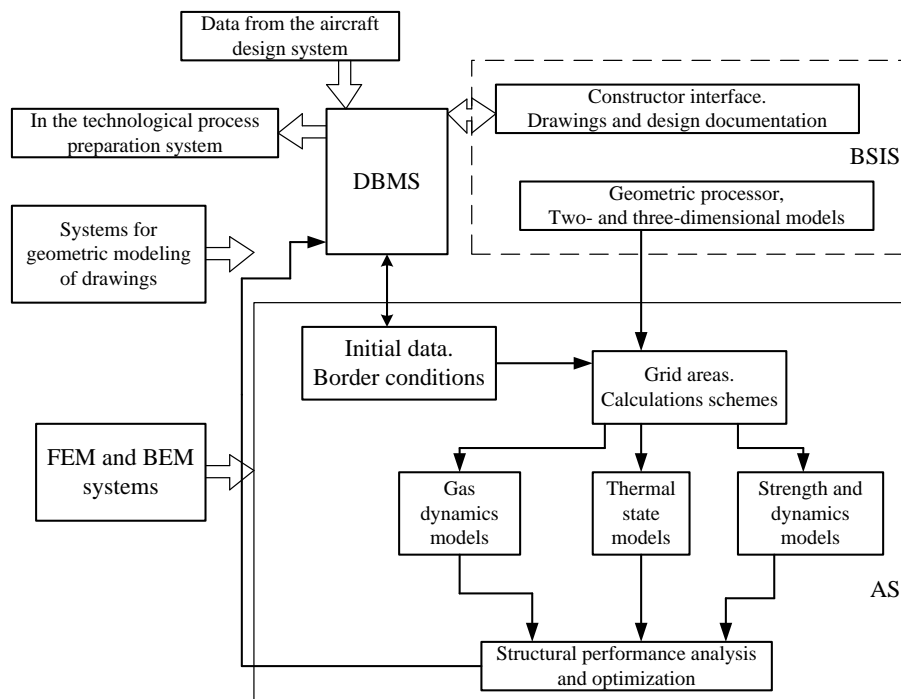


Figure 1 – Software structure of the engine information system

Since at each stage of development and design refinement various tasks are solved, the provision and support of information interaction between different programs is a major problem. Violation of this interaction leads to a sharp decrease in the efficiency of using computer-aided design tools.

Responsibility for ensuring information interaction and compatibility of various systems rests with the basic software and information support (BSIS). The role of the BSIS, including problem-independent systems, such as computer graphics and drawing, geometric modeling, systems that control the transfer and storage of data, with the growth of the amount of information consumed and created by application software (AS), is becoming increasingly topical (fig. 1)

From the presented structure of the GTE software design follows that the main problem is the coordination of information flows between different geometric models and mathematical models of gas dynamics, thermal state and strength reliability. Moreover, the programs involved in the design process must satisfy the accepted design methodology, which is based on models of various levels. Each model operates with significant volumes of heterogeneous information, subsets of which must be transmitted by other models.

Engine information system data structure. In the database management system (DBMS) based on an XML document, the central component of the data structure is the described scheme, presented in the form of a tree of nodes of the aviation engine information system (AE IS). Each XML node contains a pointer to data blocks. In turn, the data blocks are connected by pointers to a bidirectional list. The descriptors of the block nodes are partially ordered in accordance with the order of the document [2], each descriptor of the IS node in the block i precedes each node descriptor in the block j , that is $i < j$, the block i precedes the block j in the list.

In the storage system, the structural part of the node, that is the node descriptor and its text value, that is the text node or attribute node, is determined. Text value variables are stored in blocks with a special structure. The node descriptor reflects connections with other IS nodes (parent, children, sibling).

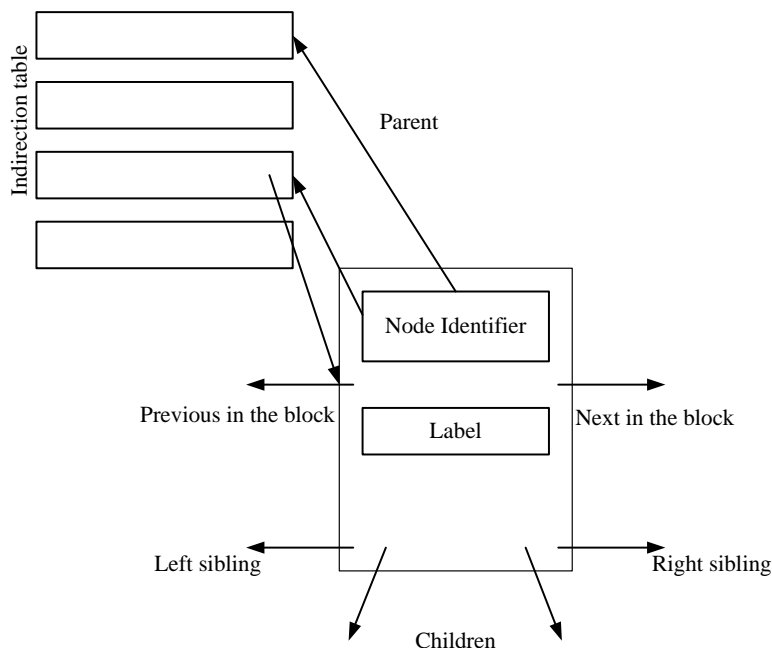


Figure 2 – Node descriptor structure

In the structure of the node descriptor (fig. 2), the label field contains the label of the numbering scheme. Pointers to the next and previous nodes are used to restore the order of the document between document nodes, pointers to the left and right relatives are used to maintain the order of the document between relative nodes.

The descriptor stores links only to the first child nodes of the IS. Supporting only a pointer to the first child allows saving memory and maintaining a fixed block descriptor size. The last property is essential for the efficient execution of update operations, since the management of free memory inside the block is simplified [1,2].

Efficient query execution through the use of direct pointers highlights the problems of efficiently performing update operations. For an effective update, it is necessary to minimize the number of data modifications during the update operation. For example, when moving an IS node that has children nodes, in each of them it is necessary to change the value of the pointers to the parent node, including indirect pointers that are implemented through the indirection table to refer to the parent nodes.

A numbering scheme assigns a unique label to each node in the XML document. Labels encode information about the relative position of a node in a document. The main function of the numbering scheme is to provide fast mechanisms for determining the structural relationship between a pair of nodes.

The main problem with numbering schemes is the reconstruction of the entire XML document due to insertion of nodes. To avoid this, you can use the following: for every two given rows, r_1 and r_2 , such that $r_1 < r_2$, there is a row r such that $r_1 < r < r_2$. For example, for $r_1 = "ach"$, $r_2 = "jlh"$, the possible value of row is $"bde"$, and for $r_1 = "ac"$, $r_2 = "ad"$, the value of r may be $"ace"$. A document-ordering numbering scheme can be used to implement the concept of a unique identifier in *XQuery*.

Support for the node identifier is necessary for the implementation of the operation and database management mechanisms that provide efficient access to the node. Nodes identifiers can be used to refer to nodes in index structures, for the correct implementation of update operations.

The implementation of the node identifier is based on the support of a special indirection table, which, in turn, implements indirect pointers to children nodes.

Conclusion. Since the engine is a nonlinear system, the parameters of which are interconnected, it is necessary to develop and apply the methodology for modeling the interconnected processes of gas dynamics, thermal conductivity and kinetics of SSS nodes based on modern modeling systems and numerical methods.

The engine information systems solutions are presented regarding the directions of using the specific capabilities of XML technologies, which play a fundamental role in the synthesis of a new generation of specialized high-performance aviation engine information systems related to the use of the extensible XML markup language as a universal language for supporting complex queries to heterogeneous data repositories, which makes it possible:

- to control the correctness of data;
- check hierarchical relationships within documents;
- establish a single standard on the structure of documents with heterogeneous data.

Creating a virtual enterprise or a parallel design environment is incomplete without the use of software [1,2] that monitors the order of design operations, changes to the project, etc. The role of these tools should be played by PDM-systems for managing production information.

REFERENCES

1. Link C.Jaw, Jack D.Mattingly, "Aircraft Engine Controls: Design, System Analysis and Health Monitoring", American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2009, 384 p. ISBN-13: 978-1600867057.
2. S.S. Tovkach, "Stochastic control information systems the aviation gas turbine engine", Proceedings of the National Aviation University, 2019, 3(80), pp. 21-29. DOI: 10.18372/2306-1472.80.14269.

СЕКЦІЯ:

***ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА
ТРАНСПОРТІ***

ЛЮДСЬКИЙ ЧИННИК: ПРОБЛЕМИ НЕДИСЦИПЛІНОВАНOSTI КУРСАНТІВ-АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ»

Камишин В.В., Рева О.М.

*Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»
(Україна, м. Київ)*

Сагановська Л.А.

*Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна, м. Кропивницький)*

Статистика авіаційних подій (АП) і серйозних інцидентів (СІ) переконливо свідчить, що вже багато десятиліть їх першопричиною є людський чинник (ЛЧ), який особливо яскраво простежується на особливостях функціонування складної поліергатичної цілеспрямованої, організаційної й активної системи управління (СПЦОАСУ) «льотний екіпаж – повітряне судно (ПС) – середовище – орган управління повітряним рухом (УПР)». І хоча на сьогодні надійність технічної складової цієї системи (авіаційної техніки (АТ) та її обладнання, радіотехнічних засобів (РТЗ) УПР, космічних засобів навігації тощо) незрівнянно вище, ніж вона була, скажімо, 50-70 років тому, роль ЛЧ фактично не змінилася і пояснює виникнення щонайменше $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ від загальної кількості АП і СІ. При цьому слід констатувати суттєвіший вплив на ефективність і надійність функціонування вищезазначеної СПЦОАСУ, а отже – і на безпеку польотів (БП) авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (пілотів / льотних екіпажів в цілому, диспетчерів УПР (ДУПР) / диспетчерських змін (ДЗ) в цілому). Таким чином, дослідження процесів діяльності та професійної підготовки (ПП) цієї категорії авіаційних фахівців є перманентно актуальною науковою і практичною проблемою, що охоплює широкий спектр задач і підзадач.

Підсумовуючи провідний досвід авіаційних адміністрацій та авіакомпаній з профілактики негативного впливу ЛЧ на БП, ІКАО видала десятки циркулярів, у яких даються загальні рекомендації з питань вивчення і проактивного попередження відповідних проблем. Слід також вказати на суттєвий внесок Д. Берліна (J. Berlin), С. П. Борсука, О. Ю. Бурова, Е. Вінера (E. Wiener), Р. М. Джафар-заде, Р. С. Дженсена (R. S. Jensen), В. В. Камишина, А. О. Комарова, Є. О. Кукльова, С. Д. Лейченка, А. В. Малишевського, Б. М. Мірзоева, М. Ф. Михайліка, В. В. Павлова, О. М. Реви, Д. Різона (J. Reason), А. В. Скрипця, В. П. Харченка, Р. Хелмриха (R. Helmreich), Ф. Хокінса (F. Hawkins), Е. Едвардса (E. Edwards), Т. Ф. Шмельової та ін. в теоретичний і практичний розвиток проблем ЛЧ в цивільній авіації (ЦА). Однак, з перелічених вчених лише двоє приділяють певну увагу проблемам недисциплінованості як складової ЛЧ, та й те в неавіаційних освітнянських гуманістичних (за визначенням Л. Заде [1]) системах. Хоча саме недисциплінованість є, у тому числі, логічним поясненням нехтування досвідченими і висококваліфікованими АО «переднього краю» стандартними експлуатаційними процедурами (SOP's) та прийняття ними помилкових рішень.

Проблема недисциплінованості курсантів-пілотів розглядалася ІКАО ще у 1975 році у відповідному Керівництві з навчання. Було сформульовано найбільш поширені характерні риси недисциплінованості (ХРН) та їх індикатори (табл. 1). Таблиця 2 ілюструє деякі заходи, що можуть допомогти пілоту-інструктору у праці з недисциплінованими курсантами. У цій таблиці прийняті такі позначки: « ✓ » – загальні заходи, що рекомендуються; « + » – варіанти, що найбільш підходять у кожному окремому випадку [2].

Зауважимо, що наведений у табл. 1 перелік ХРН не є на сьогодні актуальним, хоча б тому, що не враховує вплив на недисциплінованість небезпечних стратегій поведінки,

оперативного мислення та прийняття рішень, що були відокремлені американськими вченими з ірраціональних професійних розумових здібностей пілотів [3-5]. Діагностику і корекцію яких було розповсюджено й на ПП ДУПР [6, 7]. Передбачається, що широке розповсюдження відповідної технології буде сприяти зменшенню АП і СІ за ЛЧ на 5-20% [4].

Таблиця 1 – Найбільш поширені типи недисциплінованих курсантів-пілотів

Умовне позначення	Характеристика недисциплінованої поведінки
1	2
a	Не визнає колективних дій, не виконує вказівки, робить все по-своєму, не робить спроб допомогти інструктору або товаришам, ухиляється від роботи
b	«Придира», який вважає, що все неправильно: критикує систему навчання, обладнання і взагалі все, що бачить і чує
c	Безвідповідальний, безтурботний, недбалий в експлуатації обладнання, неохайний в побуті, нетактовний з людьми
d	Вороже настроєний, причепливий, завжди готовий до сварки, шукає її
e	Надміру наполегливий, прагнучий будь-якою ціною, навіть за рахунок товаришів, виконати доручене, вкрай егоїстичний. Цей тип не обов'язково відрізняється задиристістю
f	Марно витрачає час, ледачий, який базикає, працює ліниво і повільно
g	Боязливий, який боїться своїх товаришів і інструктора, працює один, боїться просити допомоги і не прагне до успіху
h	Незацікавлений, завжди неуважний і нудьгує
i	«Всезнайко», який бачить мало користі в заняттях, вважає, що його система підготовки сама краща, сам собі інструктор, багатомовний і багатогласний
j	Повільний, якому завжди не вистачає часу закінчити роботу, хоч завжди виконує все, що потрібно
k	Неуважний, у якого думки завжди сконцентровані не на предметі вивчення і який плутає реальне з вимислом

Таблиця 2 – Рекомендації для роботи з недисциплінованими курсантами

Заходи, що пропонуються	Тип тих, хто навчаються									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
З'ясувати підготовку	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Давати більше індивідуальних завдань							+			+
Пояснювати, чому погані результати	+	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Показати шляхи поліпшення стану	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Бути терплячим при виправленні помилок							+			+

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Забезпечувати умови для успішного виконання завдання							✓	+		+
Встановити суворий контроль за роботою	+		✓		✓	+			+	
Провести персональну співбесіду	+	+		+		+	+	+		+
Пояснити, чого від нього чекають	+		✓	0	✓	+		✓	✓	
Вислухати скарги і визначити їх обґрунтованість		+								
Впливати на почуття розсудливості	✓	✓		+						
Змінити робочу обстановку або напарників			✓	✓				✓		
Збільшити робоче навантаження					+		+			
Зменшити робоче навантаження										✓
Покласти додаткову відповідальність	+							✓	✓	
Давати більш трудні завдання					✓				✓	
Надати можливість проявити свої здібності									+	
Надати можливість працювати самостійно		✓		✓						
Примусити працювати з іншими							+	✓		
Постійно тримати в курсі досягнень	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Також вкажемо, що пропоновані ICAO рекомендації щодо корекції недисциплінованості мають загальний характер, відсутня системно-інформаційна технологія її моніторингу, тобто перманентного спостереження, кваліметрії, діагностики, профілактики і прогнозування динаміки дисциплінованості / недисциплінованості в АО «переднього краю» ще під час їх початкової ПП. Адже саме на цьому етапі їх операторського життєвого циклу й закладається фундамент майбутньої професійної майстерності та надійності.

«Ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», як складова поточної концепції парадигми БП ICAO [8] займає чільне місце серед інших складових цієї концепції (рис. 1) [7, 9, 10 та ін.].

Вважаємо можливим за науковою аналогією з дослідженням систем переваг (СП) ДУПР на множині характерних помилок [11-13 та ін.] дослідити недисциплінованість та керувати нею також через відповідне ставлення об'єктів і суб'єктів початкової ПП курсантів-АО «переднього краю», що має бути ураховано під час організації їх особистісно-орієнтованої ПП. Що й обумовило появу блоку о) на рис. 1. При цьому під СП розумітимемо уявлення курсантів, інструкторів, науково-педагогічних працівників про найбільш небезпечну та найменш небезпечну (з позицій негативного впливу на процес ПП) риси недисциплінованості, а отже і про увесь їх ранжируваний ряд.

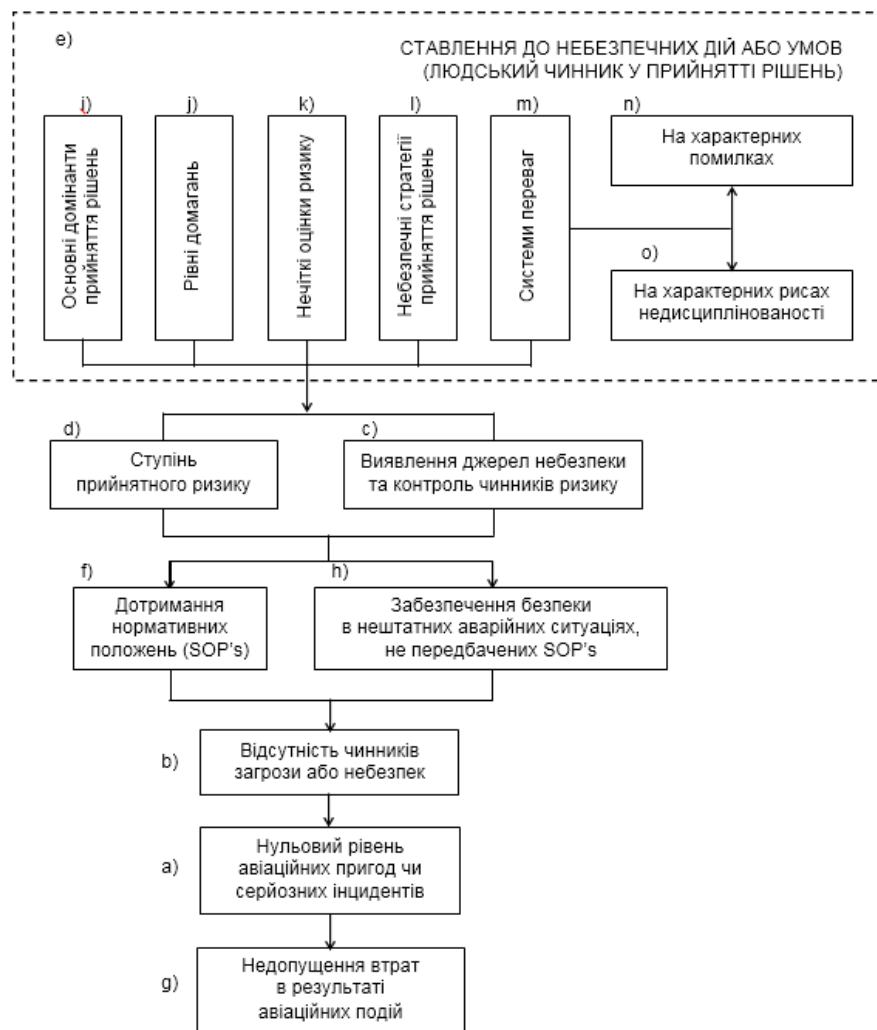


Рисунок 1 – Уявлення взаємодії складових концепцій безпеки ІСАО з позицій прояву людського чинника

З урахуванням пропозицій ІСАО вважаємо, що найбільш актуальним на сьогодні є такий спектр ХРН:

$ХРН_1$ – пропускає заняття без поважних причин;

$ХРН_2$ – вважає, що все неправильно: критикує систему навчання, обладнання і взагалі все, що бачить;

$ХРН_3$ – 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;

$ХРН_5$ – 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;

$ХРН_7$ – незацікавлений, завжди неуважний і швидкий;

$ХРН_8$ – зарозумілий всезнайко, бачить мало користі від занять, сам собі викладач, «вважає, що його система підготовки краще», просторікуватий і балакучий;

$ХРН_9$ – повільний, завжди бракує часу закінчити роботу, хоча завжди виконує те, що необхідно;

$ХРН_{10}$ – не визнає колективних дій;

$ХРН_{11}$ – ухиляється від роботи на заняттях;

XPH₁₂ – не виконує вказівок і робить все по-своєму;
XPH₁₃ – не робить спроб допомогти товаришам або викладачам;
XPH₁₄ – безвідповідальний, безтурботний, недбалий у використанні устаткування, неохайний, нетактовний;
XPH₁₅ – розсіяний, такий, у якого думки завжди сконцентровані не на предметі вивчення, плутає реальне з вимислом;
XPH₁₆ – імпульсивний, прагне якнайшвидше одержати результат, не задумуючись про його правильність;
XPH₁₇ – несамостійний, йде за думкою товаришів;
XPH₁₈ – систематично запізнюється на заняття;
XPH₁₉ – не виконує домашні завдання;
XPH₂₀ – не відвідує загальноінститутські, загальнофакультетські заходи;
XPH₂₁ – несвоєчасно повертає літературу до бібліотеки.
Привертаємо увагу, що останні дві XPH є, за-суттю, індикатором широти відповідей респондентів.

На завершення вкажемо, що за тою самою науковою аналогією з дослідженнями [14-17 та ін.] діагностику, корекцію і управління недисциплінованістю курсантів-АО «переднього краю» доцільно робити за допомогою методів фреймів [18-22 та ін.], що відкриває перспективи для застосування сучасних інформаційних технологій в процесах формування професійної надійності курсантів-АО «переднього краю».

ЛІТЕРАТУРА

1. 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. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
2. Руководство по обучению. Doc. ICAO 7192-AN/857. - Ч. А-1. Общие положения. - Монреаль, Канада, 1975. - 58 с.
3. Jensen R. S. Aeronautical Decision Making for Instrumental Pilot / R. S. Jensen, J. Andrien, R. Lawton. DOT / FAA / PM-86/42.
4. Brecher B. R. A Question of Judgment / B. R. Brecher // Flying, 1981, vol. 108. - № 5. - P. 48-52.
5. Рева, О. М. Формування професійних розумових здібностей – основа прийняття рішень курсантами в процесі льотної діяльності / А. О. Комаров, О. М. Рева, В. Е. Стрижак // Науч. тр. академии. – Кировоград : ГЛАУ, 1997. – Вып. II. – С. 132-141.
6. Розробка методичного забезпечення процедур діагностики і корекції небезпечних стратегій прийняття рішень авіадиспетчерами / О. М. Рева, Б. М. Мирзоев, Ш. Ш. Насіров, П. Ш. Мухтаров // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : Вид-во ХМДА, 2013. – № 1. – С. 90-96.
7. Рева, О. М. Сучасні проблеми людського чинника в авіації : навч. посіб. [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін; под ред. О. М. Реви. – К. : УкрІНТЕІ, 2018. – 124 с.
8. Safety Management Manual (SMM) [Electronic resource] : Doc ICAO 9859 – AN/460. - Fourth Edition (advance unedited). - Montreal, Canada, 2018.
9. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін та ін. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., - Херсон, 24-26 травня 2016 р. – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 90-97.
10. 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.

11. Диференціальний метод встановлення порівняльної небезпеки помилок авіадиспетчерів / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, В. А. Шульгін // Наука, технології, інновації : наук ж. – К. : УкрІНТЕІ, 2019. - № 3 (11). – С. 70-82.

12. Превентивне оцінювання комплексної значущості характерних помилок / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, С. В. Недбай // Авіаційно-космічна техніка та технологія : науково-технічний журнал. - Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2019. - № 5. – С. 72-81.

13. Багатокрокова процедура прийняття рішень щодо узгодженості групових систем переваг авіадиспетчерів / О. М. Рева, В. В. Камишин, А. М. Невиніцин, С. В. Радецька // Технічне регулювання, метрологія, інформаційні та транспортні технології : матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф., - Одеса, 14-15 листопада 2019 р., - Одеса : ОДАТРЯ, 2019. – С. 147-152.

14. Котик, М. А. Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами) / М. А. Котик, А. М. Емельянов. - М. : Транспорт, 1993. - 252 с.

15. Невиницын, А. Н. Анализ причин ошибок авиадиспетчера посредством аппарата фреймов / А. Н. Невиницын, Г. Н. Селезнев // Проблемы развития систем аэронавигационного обслуживания и авионики воздушных судов (Аэронавигация и авионика - 98): Материалы конференции. – Киев, 29 сент. – 1 окт. 1998 г. – К.: КМУГА, 1998. - С. 137-138.

16. Фреймовий підхід до аналізу помилок авіадиспетчерів / Ю. Ю. Бірюков, П.Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насиров, І. А. Гасанов // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2009. - № 7. – С. 182-187.

17. Фрейми інтелектуальної системи аналізу помилок авіадиспетчерів / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, Ш. Ш. Насіров, В. А. Шульгін // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2011. – № 6. – С. 102-110.

18. Беллман, Р. Фреймы в конечномерных пространствах / Р. Беллман // Некоторые вопросы теории процессов управления. – М. : ИФМЛ, 1961. – 126 с.

19. Минский, М. Фреймы для представления знаний / М. Минский; под. ред. Ф. М. Кулакова; пер. с англ. О. Н. Гринбаума. – М. : Энергия, 1979. – 152 с.

20. Гофман, И. Анализ фреймов: эссе об организации повседневного опыта / И. Гофман. – М. : Ин-т социологии РАН, 2004. – 752 с.

21. Гусельникова, О. В. Возможности фреймового анализа / О. В. Гусельникова // Мир науки, культуры, образования, - 2009. - № 5. - С. 29-32.

22. Вахштайн, В. С. Социология повседневности и теория фреймов / В. С. Вахштайн. – СПб. : Изд-во Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2011. - 334 с.

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОЛОЖЕННЯ СУДНОВОДІЯ НА КАПІТАНСЬКОМУ МІСТКУ ПІД ЧАС НЕСЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ

Носов П.С., Бень А.П.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Сафонова Г.Ф., Носова Г.В.

*Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету
(Україна)*

Вступ. В умовах забезпечення безпеки мореплавства, особливо під час виконання складних навігаційних завдань, важливою ланкою є контроль за діями офіцерів на капітанському містку [1-2]. Слід зауважити що під час виконання складних маневрів контроль за ситуацією передбачає правильне розташування членів навігаційної вахти [3]. Це також важливо під час аналізу поведінки та інтелектуальної діяльності курсантів / кадетів для забезпечення навчального ефекту [4-6], а також врахування складних психологічних станів особистості в умовах їх соціальних очікувань та мотивації [7-9].

Все це безумовно свідчить про актуальність дослідження, спрямованого перш за все на створення безпечної обстановки засобами формальних та інформаційних систем. Отже метою дослідження є створення методу ідентифікації місця розташування судноводіїв на капітанському містку для забезпечення безпеки несення навігаційної вахти.

Таким чином, стоїть завдання у розробці методу, що дозволяє ідентифікувати положення навігатора відносно центру капітанського містка. Для технічної його реалізації необхідно виконати формальний опис підходу визначення місця розташування навігатора в просторі на основі програмно-апаратного забезпечення.

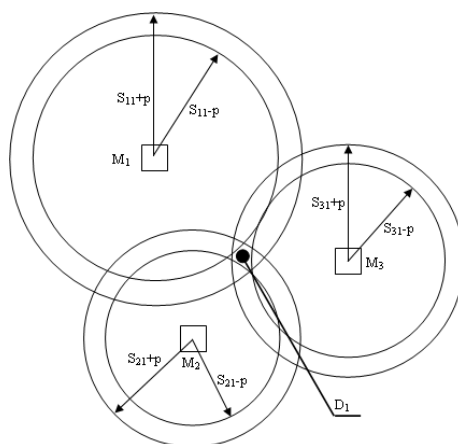


Рисунок 1 – Загальна схема роботи системи

З метою ідентифікації положення членів вахтової служби використовується система, що складається з маячків і датчиків серверного модуля управління (рис. 1). Маячки M_i , ($i \in (1..m)$), являють собою BLE-передавачі (Bluetooth Low Energy), виконані з використанням технології Arduino у зв'язці з модулем AT-09 BLE і Wi-Fi модуля ESP8266. Всі маячки мають портативні акумулятори, що забезпечують автономність. Датчики D_k підключаються до всіх маячків M_i по черзі і приймають від них час передачі пакету.

На основі цього часу визначається відстань S_{ik} між маячком M_i і датчиком D_k з деякою погрішністю p . Для однозначного визначення координат місця розташування судноводія з датчиком, необхідно отримати інформацію мінімум від трьох маячків.

Виконаємо математичне моделювання за даними, які транслюються трьома датчиками у декартовій системі координат [10]. Скористаємося для знаходження місця розташування судноводія дальномірним методом, застосувавши формулу:

$$D_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2},$$

де D_i – дальність між i -м маячком і об'єктом спостереження;

x_i, y_i, z_i – відомі на момент вимірювання координати i -го датчика;

x, y, z – невідомі координати об'єкта спостереження.

Для знаходження місця розташування об'єкта спостереження необхідно знайти координати перетину трьох сфер, тобто необхідно знати відстань до трьох маячків.

А координати об'єкта спостереження є рішенням системи з трьох рівнянь D_1, \dots, D_3 :

В даному методі передбачається, що відстані до маячків знаходяться точно, але так як існує проблема наявності похибки вимірювання приладом (маячком), то для знаходження місця розташування об'єкта будемо використовувати псевдодальномірний метод.

Під псевдодальністю розуміється вимірjana дальність $D_{\text{изм } i}$ до i -го маячка, яка відрізняється від істинної дальності на невідому, але постійну на час визначення величину D' .

Таким чином, для псевдодальності до i -го маячка можна записати:

$$D_{\text{изм } i} = D_i + D' = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} + D',$$

У псевдодальномірному методі поверхню положення, як і раніше, є сфера, але радіус цієї сфери змінений на невідому величину D' .

Вимірювання псевдодальностей до трьох маячків призводить до системи рівнянь з чотирма невідомими (x, y, z, D') . Для усунення виниклої невизначеності необхідно провести додаткові виміри, тобто виміряти псевдодальності до четвертого маячка. Отримана таким чином система чотирьох рівнянь має точне рішення, і, отже координати об'єкта спостереження визначаються як точка перетину чотирьох поверхонь положення:

$$\begin{cases} D_1 + D' = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2}, \\ D_2 + D' = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2}, \\ D_3 + D' = \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2}, \\ D_4 + D' = \sqrt{(x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2 + (z_4 - z)^2} \end{cases}, \begin{cases} (D_1 + D')^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2, \\ (D_2 + D')^2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2, \\ (D_3 + D')^2 = (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2, \\ (D_4 + D')^2 = (x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2 + (z_4 - z)^2. \end{cases}$$

Розкриємо дужки:

$$\begin{cases} D_1^2 + 2D_1D' + D'^2 = x_1^2 - 2x_1x + x^2 + y_1^2 - 2y_1y + y^2 + z_1^2 - 2z_1z + z^2 \\ D_2^2 + 2D_2D' + D'^2 = x_2^2 - 2x_2x + x^2 + y_2^2 - 2y_2y + y^2 + z_2^2 - 2z_2z + z^2, \\ D_3^2 + 2D_3D' + D'^2 = x_3^2 - 2x_3x + x^2 + y_3^2 - 2y_3y + y^2 + z_3^2 - 2z_3z + z^2, \\ D_4^2 + 2D_4D' + D'^2 = x_4^2 - 2x_4x + x^2 + y_4^2 - 2y_4y + y^2 + z_4^2 - 2z_4z + z^2. \end{cases}$$

Від першого рівняння системи по черзі забираємо друге, третє четверте, а від другого рівняння - третє.

$$\begin{cases} D_1^2 - D_2^2 + 2D_1D' - 2D_2D' = x_1^2 - x_2^2 - 2x_1x + 2x_2x + y_1^2 - y_2^2 - 2y_1y + 2y_2y + z_1^2 - z_2^2 - 2z_1z + 2z_2z, \\ D_1^2 - D_3^2 + 2D_1D' - 2D_3D' = x_1^2 - x_3^2 - 2x_1x + 2x_3x + y_1^2 - y_3^2 - 2y_1y + 2y_3y + z_1^2 - z_3^2 - 2z_1z + 2z_3z, \\ D_1^2 - D_4^2 + 2D_1D' - 2D_4D' = x_1^2 - x_4^2 - 2x_1x + 2x_4x + y_1^2 - y_4^2 - 2y_1y + 2y_4y + z_1^2 - z_4^2 - 2z_1z + 2z_4z, \\ D_2^2 - D_3^2 + 2D_2D' - 2D_3D' = x_2^2 - x_3^2 - 2x_2x + 2x_3x + y_2^2 - y_3^2 - 2y_2y + 2y_3y + z_2^2 - z_3^2 - 2z_2z + 2z_3z. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2x_1x - 2x_2x + 2y_1y - 2y_2y + 2z_1z - 2z_2z + 2D_1D' - 2D_2D' = x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 + z_1^2 - z_2^2 + D_2^2 - D_1^2, \\ 2x_1x - 2x_3x + 2y_1y - 2y_3y + 2z_1z - 2z_3z + 2D_1D' - 2D_3D' = x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 + z_1^2 - z_3^2 + D_3^2 - D_1^2, \\ 2x_1x - 2x_4x + 2y_1y - 2y_4y + 2z_1z - 2z_4z + 2D_1D' - 2D_4D' = x_1^2 - x_4^2 + y_1^2 - y_4^2 + z_1^2 - z_4^2 + D_4^2 - D_1^2, \\ 2x_2x - 2x_3x + 2y_2y - 2y_3y + 2z_2z - 2z_3z + 2D_2D' - 2D_3D' = x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + z_2^2 - z_3^2 + D_3^2 - D_2^2. \end{cases}$$

$$\begin{cases} (2x_1 - 2x_2)x + (2y_1 - 2y_2)y + (2z_1 - 2z_2)z + (2D_1 - 2D_2)D' = x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 + z_1^2 - z_2^2 + D_2^2 - D_1^2, \\ (2x_1 - 2x_3)x + (2y_1 - 2y_3)y + (2z_1 - 2z_3)z + (2D_1 - 2D_3)D' = x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 + z_1^2 - z_3^2 + D_3^2 - D_1^2, \\ (2x_1 - 2x_4)x + (2y_1 - 2y_4)y + (2z_1 - 2z_4)z + (2D_1 - 2D_4)D' = x_1^2 - x_4^2 + y_1^2 - y_4^2 + z_1^2 - z_4^2 + D_4^2 - D_1^2, \\ (2x_2 - 2x_3)x + (2y_2 - 2y_3)y + (2z_2 - 2z_3)z + (2D_2 - 2D_3)D' = x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + z_2^2 - z_3^2 + D_3^2 - D_2^2. \end{cases}$$

Обчислимо окремо:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 2x_1 - 2x_2, \alpha_2 = 2x_1 - 2x_3, \alpha_3 = 2x_1 - 2x_4, \alpha_4 = 2x_2 - 2x_3, \\ \beta_1 &= 2y_1 - 2y_2, \beta_2 = 2y_1 - 2y_3, \beta_3 = 2y_1 - 2y_4, \beta_4 = 2y_2 - 2y_3, \\ \gamma_1 &= 2z_1 - 2z_2, \gamma_2 = 2z_1 - 2z_3, \gamma_3 = 2z_1 - 2z_4, \gamma_4 = 2z_2 - 2z_3, \\ d_1 &= 2D_1 - 2D_2, d_2 = 2D_1 - 2D_3, d_3 = 2D_1 - 2D_4, d_4 = 2D_2 - 2D_3, \end{aligned}$$

$$\begin{cases} b_1 = x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 + z_1^2 - z_2^2 + D_2^2 - D_1^2, \\ b_2 = x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 + z_1^2 - z_3^2 + D_3^2 - D_1^2, \\ b_3 = x_1^2 - x_4^2 + y_1^2 - y_4^2 + z_1^2 - z_4^2 + D_4^2 - D_1^2, \\ b_4 = x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + z_2^2 - z_3^2 + D_3^2 - D_2^2 \end{cases} \begin{cases} \alpha_1x + \beta_1y + \gamma_1z + d_1D' = b_1, \\ \alpha_2x + \beta_2y + \gamma_2z + d_2D' = b_2, \\ \alpha_3x + \beta_3y + \gamma_3z + d_3D' = b_3, \\ \alpha_4x + \beta_4y + \gamma_4z + d_4D' = b_4 \end{cases}$$

Знайдемо рішення системи методом Крамера [11]:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 & d_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 & d_2 \\ \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3 & d_3 \\ \alpha_4 & \beta_4 & \gamma_4 & d_4 \end{vmatrix} = \alpha_1 \begin{vmatrix} \beta_2 & \gamma_2 & d_2 \\ \beta_3 & \gamma_3 & d_3 \\ \beta_4 & \gamma_4 & d_4 \end{vmatrix} - \beta_1 \begin{vmatrix} \alpha_2 & \gamma_2 & d_2 \\ \alpha_3 & \gamma_3 & d_3 \\ \alpha_4 & \gamma_4 & d_4 \end{vmatrix} + \gamma_1 \begin{vmatrix} \alpha_2 & \beta_2 & d_2 \\ \alpha_3 & \beta_3 & d_3 \\ \alpha_4 & \beta_4 & d_4 \end{vmatrix} - d_1 \begin{vmatrix} \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 \\ \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3 \\ \alpha_4 & \beta_4 & \gamma_4 \end{vmatrix}$$

Тоді рішення має вигляд: $x = \frac{\Delta_1}{\Delta}$, $y = \frac{\Delta_2}{\Delta}$, $z = \frac{\Delta_3}{\Delta}$, $D' = \frac{\Delta_4}{\Delta}$

Таким чином, сервер отримує по мережі Wi-Fi дані відстаней, також на ньому прописані координати всіх встановлених BLE-маячків, що дозволяє накопичувати в своїй базі даних БД координати знаходження об'єкта у реальному часі.

Маячки M_i можуть бути розташовані на різних висотах, як і натільні датчики D_k . З огляду на цей факт, матиме місце перетину трьох сфер. Загальна частина перетину і буде визначати місцезнаходження об'єкта з певним датчиком. Експеримент показав, що для ідентифікації місця розташування навігаторів з необхідною точністю досить розташувати три датчика.

На сервері встановлено програму, яка реєструє переміщення всіх членів команди з приєднаними датчиками. Всі координати кожні 0,1 с зберігаються в БД сервера.

Існує також можливість переглянути всі переміщення членів команди з метою проведення поведінкового аналізу. Додатковим аналізатором є портативний навушник з вбудованим надчуттєвим акселерометром, що дозволяє з високою точністю визначити

повороту голови навігатора. Це особливо важливо в тих випадках, коли навігатор, не змінюючи свого місця розташування, аналізує ситуацію.

Висновок. Наведені формальні і алгоритмічні підходи дають можливість з достатньою точністю ідентифікувати положення судноводіїв на капітанському містку. У момент несення вахти особливо у критичних ситуаціях дуже важливо зчитувати траєкторію руху членів навігаційної вахти з метою визначення їх помилкових дій для подальшого усунення негативних наслідків. Особливо це важливо під час аналізу інтелектуальної діяльності курсантів / студентів під час виконання практичних, лабораторних занять та підвищення кваліфікації [12-13].

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. Nosov P., Palamarchuk I., Zinchenko S., Popovych I., Nahrybelnyi Y., Nosova H. Development of means for experimental identification of navigator attention in ergatic systems of maritime transport // Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics, 2020. - № 1(97). P. 58-69. DOI: 10.31489/2020Ph1/58-69.
3. Носов П.С., Бень А.П., Носова Г.В., Карпова С.О. Моделі і принципи розвитку інформаційних інтерфейсів на морському транспорті // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018. – № 1 (18) – С. 76–82.
4. Voloshynov S.A. Mobile training technologies in the professional training for the prospective river and maritime transport specialists. Information technology and training tools. 75, (2020). 108-121. doi:10.33407/itlt.v75i1.2729.
5. Носова Г.В., Носов П.С. Математичне моделювання комбінованих навчальних процесів. // Научные труды SWorld. – Выпуск 3(44). Том 2. – Иваново: Научный мир, 2016 – С. 43-47.
6. Nosov P.S., Ben A.P., Nosova H.V., Novikov V.I. Model of distribution of attention the navigator while carrying the navigational watch // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2019. – № 2 (21). – С. 26-34.
7. Попович І. С. Мотиваційний компонент соціально-психологічних очікувань / І. С. Попович // Проблеми загальної та педагогічної психології : зб. наук. праць Інституту психології імені Г. С. Костюка АПН України / За ред. С. Д. Максименка. – К. : «ГНОЗИС», 2011, т. XIII, ч. 4. – С. 290-297.
8. Попович І. С. Роль соціально-психологічних очікувань у професійному становленні та розвитку особистості // Зб. наук. праць: філософія, соціологія, психологія. – Івано-Франківськ: Вид-во ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2015. – Вип. 20, ч. 2. – С. 213-220.
9. Попович І. С. Феномен ціннісно-орієнтаційної єдності в групі курсантів / І. С. Попович // Проблеми заг. та пед. психол.: зб. наук. праць Ін-т. психол. імені Г. С. Костюка АПН України / За ред. С. Д. Максименка. – К.: 2002. – Т. IV. – Ч. 5. – С. 203-209.
10. Застела, М.Ю. Радиотехнические системы / М. Ю. Застела //3-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для бакалаврата и магистратуры — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 495 с. ISBN 978-5-534-06598-5.

11. Ben-Israel, A Cramer rule for least-norm solution of consistent linear equations, *Linear Algebra Appl.*, 43~223-226 (1982).
12. Zinchenko S. Automatic collision avoidance system with many targets, including maneuvering ones / S Zinchenko, P. Nosov, V. Mateichuk, P. Mamenko, I. Popovych, O. Grosheva // *Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics*, 2019. - № 4(96). P. 69-79. DOI: 10.31489/2019Ph4/69-79.
13. Popovych, I. S., Cherniavskiy, 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.

ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗОРОВОЇ УВАГИ СУДНОВОДІВ ПІД ЧАС НЕСЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ

Носов П.С., Зінченко С.М., Нагрибельний Я.А.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Попович І.С.

*Херсонський державний університет
(Україна)*

Вступ. Під час несення навігаційної вахти штурмани та кадети, що перебувають на практиці, зустрічаються з великим спектром факторів, які впливають на якість виконання їх посадових обов'язків [1-3]. Такі прояви значно погіршують увагу судноводіїв та зорове сприйняття потоків інформації, джерелами яких є навігаційні датчики та сенсори. В окремих випадках, під час виконання складних маневрів або плавання у проливах із щільним трафіком, склад навігаційної вахти може бути підсилений за рішенням капітана. У цих випадках складно оцінити, яку функцію виконує кожний з членів навігаційної вахти на капітанському містку, особливо враховуючи психологічну складову особистості у надзвичайних умовах [4-6]. Однак, попри все, дуже важливо контролювати ситуацію, забезпечуючи необхідну безпеку шляхом використання інформаційних технологій із врахуванням людського фактору [7-9]. Все це викликає необхідність у розробці формальних підходів та інформаційних засобів контролю уваги судноводіїв під час несення навігаційної вахти у складних умовах. Дослідження у цьому напрямі також сприятимуть забезпеченню диференційованої дидактичної підготовки курсантів та студентів під час навчання із врахуванням особливостей предметної галузі [10-13].

Матеріали та методи. Отже метою дослідження є розробка формальних засад та програмно-апаратного комплексу, який дозволяє ідентифікувати місце розташування навігатора і положення його голови у вигляді просторового вектора (Рис. 1). Однак слід врахувати, що положення голови навігатора не дає повної впевненості, що він дивиться прямо, тому подальші дослідження спрямовані на визначення положення зіниці відносно очей. Таким чином з'являється можливість у визначенні вектора напрямку погляду навігатора в умовах несення навігаційної вахти. Відповідно до поставленої мети, доцільно застосувати послідовно два методи, AdaBoost і Daugman, з огляду на те, що перший застосовується для аналізу руху і відстеження об'єктів, тобто застосовується у випадках швидкої роботи, а другий - для додаткового уточнення при детальній локалізації центру

зіниці, відповідно до формул:

$$X = \arg \max_x \left(\sum_y \min(I(x, y)) \right), \quad Y = \arg \max_y \left(\sum_x \min(I(x, y)) \right)$$

Уточнення положення зіниці в заданому секторі здійснюється за формулою:

$$\max_{r, x_0, y_0} \left| \frac{\partial}{\partial r} G_\sigma(r) * \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|$$

де $G_\sigma(r)$ - функція Гауса з параметрами σ ;

(x_0, y_0) - ймовірні координати зіниці;

$r \in (r_{\min}, r_{\max})$ - радіуси кордонів райдужної оболонки. Поворот голови на кут a і b ідентифікується з принципу ідентифікації координат ока $A(x_A, y_A, z_A), B(x_B, y_B, z_B)$ [10, 13]

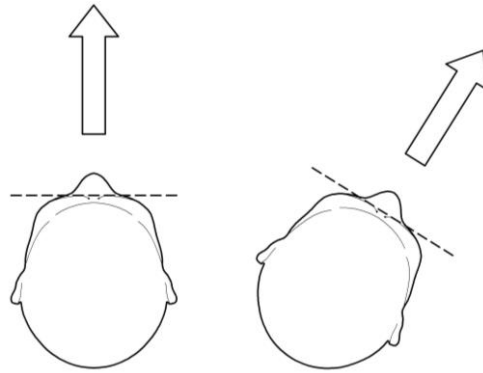


Рисунок 1 – Визначення напрямку погляду по координатах зіниць у просторі

Таким чином, визначається вектор напрямку погляду навігатора. Для визначення точного напрямку потрібно враховувати пару зображень таких, що $\langle G_L, G_R \rangle = M_{3D}(S_{o,b,j,n}, P_{S_{1..n}})$. Лінійні зміщення по горизонталі d_1, d_2 і по вертикалі h_1, h_2 дозволяють визначити точку концентрації погляду з урахуванням фокусної відстані f_1, f_2 :

$$x_p = \left(\frac{d_2 \sin \alpha - f_2 \cos \alpha}{d_2 \cos \alpha - f_2 \sin \alpha} (f_2 \sin \alpha - x_A) + y_A - f_2 \cos \alpha + f_1 \right) / \frac{f_1}{d_1} - \frac{d_2 \sin \alpha - f_2 \cos \alpha}{d_2 \cos \alpha - f_2 \sin \alpha},$$

Тоді, $y_p = \frac{f_1}{d_1} x_p - f_1$, $z_p = \frac{h_1(y_p + f_1)}{f_1}$ при $G_{L(R)} = (x_p, y_p, z_p)$

З метою більш точної ідентифікації координат очей використовуються камери спостереження, що ідентифікують положення зіниць в просторі на основі інфрачервоного спектра випромінювання. З огляду на затримку погляду на приладах і візуальному огляді при аналізі навігаційної ситуації в середньому 2-7 секунди, то можна зробити висновок, що цього цілком достатньо для спрацьовування системи ідентифікації координат зіницею і визначення напрямку погляду.

Згідно з методологією представленої, в роботі, порядок можна представити у вигляді алгоритму, який містить три основні елементи [11, 13]: A_i^{l-d} , $l=1, \dots, 3$ - ідентифікатор одного з трьох видів інформації, d - напрямок погляду (s - прямо, r - право, l - ліве); P_i - ідентифікатор спрацьовування концентрації уваги на i -м ИИС, такого що $p_i = \{0;1\}$; Ω_i - закінчення порядку. Абстрактне поняття елемента в порядку позначимо як O_i .

Перехід до нового елемента в залежності від найбільш виражених моделей поведінки навігатора позначимо: \xrightarrow{r} при $p_i=1$ і $\xrightarrow{-r}$ якщо $p_i=0$. Залежність від результативності спрацьовування концентрації уваги очевидна, позитивний результат дозволяє розвинути порядок в напрямку, відмінному від негативного і навпаки.

Так, наприклад, позитивна ідентифікація сигналів від радара дозволяє синхронізувати її з параметрами AIS, що дозволить більш точно визначити навігаційну ситуацію. У той же час, негативний результат підштовхне навігатора на візуальне спостереження, що в умовах поганої видимості може стати фатальною помилкою.

Уявімо ситуацію, коли навігатор визначає наступний порядок:

$$A_1^{2-s} P_2 \xrightarrow{7} A_3^{2-r} P_4 \xrightarrow{5} A_5^{2-l} P_6 \xrightarrow{1} A_7^{1-l} P_8 \xrightarrow{11} A_9^{1-3} P_{10} \xrightarrow{7} A_{11}^{1-2} \Omega_{12}$$

Так, спочатку порядок дій навігатора визначено візуальним спостереженням прямо по курсу - A_1^{2-s} ; далі, у разі позитивної ідентифікації, $P_2 \xrightarrow{7}$ - здійснюється перехід на сьомий елемент, - характеризується аналізом навігаційного приладу (радара) A_7^{1-l} ; якщо результат в P_2 негативний, то задіюються два додаткові елементи A_3^{2-r} - спостереження вправо і A_5^{2-l} - спостереження вліво; аналогічно, якщо в A_7^{1-l} результат P_8 буде негативним,

то додатково навігатор звертається до A_9^{1-3} GPS і тільки в разі позитивного результату відразу переходить до A_{11}^{1-2} ECDIS. Аналізуючи даний порядок можна зробити висновок, що на результат в кожному елементі можуть впливати різні чинники і моделі поведінки, зокрема невпевненість в діях, як і погана видимість, сформують послідовність $A_1^{2-s} A_3^{2-r} A_5^{2-l} P_6$, в той же час недостатній рівень досвіду може стати причиною послідовності $A_7^{1-1} A_9^{1-3} A_{11}^{1-2}$.

Таким чином, чим більше порядок за кількістю елементів джерел інформації, тим більша кількість переходів ініціюється, в окремих випадках замкнуті цикли S_i можуть призвести до втрати часу для здійснення маневру і, як наслідок, к $\Omega_{i-\Delta_i}$, аварії. У той же час, занадто різке переключення уваги на елементи джерел інформації створює розриви в порядках, утворюючи нові, скорочені за кількістю елементів і, як наслідок, менше безпечні. Окреслені вище підходи і принципи вимагають більш наочної апроксимації у вигляді геометричних структур для класифікації моделей аналізу навігаційної ситуації під час виконання складних маневрів. З цією метою було розроблено програмне забезпечення для побудови моделей аналізу навігаційної ситуації у вигляді геометричних структур. Це програмне забезпечення дозволяє виконувати побудови в режимі реального часу і автоматично передбачати подальші події на основі регресійного аналізу даних інформаційної моделі навігатора і фрагментів первинних геометричних структур моделі аналізу навігаційної ситуації.

Геометрична структура являє собою три вектора по групах джерел інформації. Кожен вектор матиме розмірність за кількістю джерел інформації. Затримка погляду на вузлі - джерелі інформації - формуватиме сферу в залежності від часу в секундах. Швидкість переходу від вузла до вузла буде формувати зв'язок у вигляді ребра геометричній структурі, при цьому товщина зв'язку залежить від часу переходу, чим довше перехід, тим товщий зв'язок (Рис. 2).

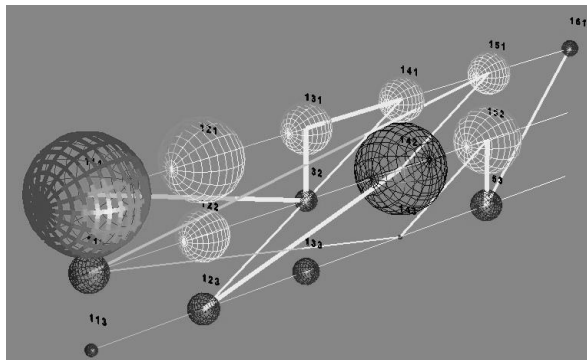


Рисунок 2 – Геометрична візуалізація визначення зон уваги навігатора під час експерименту

Висновок. Запропоновані формальні підходи та інформаційні засоби дозволять ідентифікувати зони уваги судноводія на джерела інформації у часовому діапазоні. Такий підхід дасть змогу побудувати індивідуальну траєкторію концентрації уваги для кожного судноводія і, таким чином, визначить його модель поведінки в складних навігаційних умовах. Розроблені програмні засоби сприятимуть розвитку досліджень, що мають направлення на визначення негативного людського фактору в ергатичних системах критичного застосування та інтелектуального аналізу даних на морському транспорті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nosov, P.S., Ben, A.P., Matejchuk, V.N., Safonov, M.S. Identification of “Human error” negative manifestation in maritime transport // Radio Electronics, Computer Science,

Control. Zaporizhzhia National Technical University. № 4(47). - 2018. Pages 204-213. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-20.

2. Emre Akyuz. A hybrid accident analysis method to assess potential navigational contingencies: The case of ship grounding // *Safety Science*. Volume 79, November 2015, Pages 268-276. doi: 10.1016/j.ssci.2015.06.019.

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. Попович І. С. Роль соціально-психологічних очікувань у професійному становленні та розвитку особистості // *Зб. наук. праць: філософія, соціологія, психологія*. – Івано-Франківськ : Вид-во ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2015. – Вип. 20, ч. 2. – С. 213-220.

5. Popovych I. S.; Blynova, O. Ye., Aleksieieva M. I., Nosov P. S., Zavatska N. Ye. y Smyrnova O. O. (2019). Research of Relationship between the Social Expectations and Professional Training of Lyceum Students studying in the Field of Shipbuilding. *Revista ESPACIOS*, Vol. 40(33). Page 21.

6. Popovych, I. S., Cherniavskiy, 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.

7. P. Nosov, I. Palamarchuk, S. Zinchenko, I. Popovych, Y. Nahrybelnyi, H. Nosova. Development of means for experimental identification of navigator attention in ergatic systems of maritime transport // *Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics*, 2020. - № 1(97). P. 58-69. DOI: 10.31489/2020Ph1/58-69.

8. Zinchenko S. Automatic collision avoidance system with many targets, including maneuvering ones / S Zinchenko, P. Nosov, V. Mateichuk, P. Mamenko, I. Popovych, O. Grosheva // *Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics*, 2019. - № 4(96). P. 69-79. DOI: 10.31489/2019Ph4/69-79.

9. Zinchenko S. M. Automatic collision avoidance with multiple targets, including maneuvering ones / S. M. Zinchenko, P. S. Nosov, V. M. Mateychuk, P. P. Mamenko, O. O. Grosheva // *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2019. - № 4. – P211-221. DOI 10.15588/1607-3274-2019-4-20.

10. Voloshynov, S.A. Mobile training technologies in the professional training for the prospective river and maritime transport specialists. *Information technology and training tools*. 75, (2020). 108-121. doi:10.33407/itlt.v75i1.2729.

11. Носова Г.В., Носов П.С. Математичне моделювання комбінованих навчальних процесів. // *Научные труды SWorld*. – Выпуск 3(44). Том 2. – Иваново: Научный мир, 2016 – С. 43-47.

12. Дудченко О.М., Федіна І.В., Носова Г.В., Новиков В.І. Формальна модель ризиків навчально-виробничої системи. // *Научный взгляд в будущее*. – Выпуск 6. Том 1. – Одесса: Куприенко СВ, 2017 – С. 80-84.

13. Носова Г.В. Экспертное оценивание интеллектуальной деятельности студента-программиста // *Збірник наукових праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте»* Одеса: Черноморье, 2014. Т.4. С 124-131.

СЕКЦІЯ:

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

АВТОМАТИЗАЦІЯ ГРУПОВОГО УПРАВЛЕННЯ АВТОНОМНИМИ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ ПОИСКОВОГО ТИПА

Алоба Лео Тосин

*Национальный университет кораблестроения им. Адмирала Макарова
(Украина)*

В последнее время, необходимость группового применения интеллектуальных АНПА в значительной степени привлекла внимание в связи с низкой стоимостью их серийного производства, снижением затрат на использование и обслуживание групп АНПА, расширенные методы применения в большем диапазоне, отказоустойчивости, масштабируемости, гибкость, повышение эффективности решения поставленных задач, параллелизм, простоты обслуживания и другие. Они используются для интеллектуального выполнения задач миссией в области рядов важных видов деятельности, таких как инспекций трубопроводов в газовой и нефтяной промышленности, военных использований, восстановлений затонувших объектов, контрмер подводных мин и других. Они легко развертываются и упаковываются (свертываются) после операции. Потеря малого АНПА не означает провала всей миссии, как в случае применения одного гигантского АНПА.

Для моделирования поведения групп АНПА предлагается применение концепций многоагентных систем [1] для группового управления (ГУ) АНПА - как возникает коллективное поведение мульти-АНПА системы от взаимодействия «локального АНПА – АНПА» и «локального АНПА – среды» на алгоритмы управления движением, которые строятся с использованием теории искусственного интеллекта с заимствованием законов функционирования биологических систем живой природы [2].

Группы АНПА должны быть в состоянии организовать себя для выполнения конкретных задач в сложных операциях. Самоорганизации происходит двумя способами: 1) по параметру - способность группы координировать свои действия на основе показаний сенсорных подсистем и 2) в пространстве - способность группы целенаправленно контролировать размещение и движение АНПА в пространстве. Процедуры самоорганизации АНПА для создания группы на практике определяют архитектуру группы АНПА на основе целей задачи, для которой они созданы, а также учитывают рабочую среду. Информация о количестве АНПА для работы с задачей и типе используемого управления одинаково важна при проектировании архитектуры.

Типы групповых применений АНПА дают эффективные и надежные результаты выполнения совместной миссии. Методы ГУ АНПА делятся на два основных управления - централизованное и децентрализованное управление и дополнительное управление - полudeцентрализованное. Правильный выбор метода ГУ уменьшает расход энергии на операцию.

При централизованном управлении существуют виды организации группового движения: фронтом, уступом, клином, радиальное (сходящееся и расходящееся), по кругу, по концентрическим окружностям, по спирали и пространственное. При децентрализованном управлении существуют виды организации группового движения: роевое - наличие коммуникаций только с соседними агентами, стайное - предполагает отсутствие связи с другими агентами и коллективное – участники группы имеют возможность обмениваться друг с другом информацией по принципу «каждый со всеми».

Более экономичный способ создания мобильного навигационного комплекса для АНПА - разработка гидроакустических навигационных систем с синтезированной длинной базой, используя связи «ведущей - ведомой» системы с судами-носителями и/или поверхностными буями.

Задача автоматизації заключається в автоматическом управленні одиночним АНПА як агентом групи і групою АНПА. Таким образом, актуальною прикладною науковою задачею автоматизації управління кожним окремим АНПА як агентом групи АНПА є синтез інтелектуальної системи автоматического управління його рухом в режимах групового переходу (САУ ГП). Така система повинна усувати зіткнення або надмірне збільшення відстані між сусідніми АНПА, що рухаються в неперервній близькості один до одного, що може викликати загрозу втрати зв'язку і розпаду групи і забезпечувати виконання групою підводних робіт в безаварійній обстановці.

Для виконання морської пошукової місії, розроблена базова технологія автоматизації морської безкіпажний комплекс (МБК), в якості теоретичної основи для розробки обобщенної структури САУ комплексом для виконання морської пошукової місії [3]. Доставку групи АНПА в район проведення пошукових робіт цілесобразно виконувати з допомогою безкіпажного надводного судна (БНС).

Морська робототехнічна техніка дозволяє реалізувати розробку базової технології для задач управління автоматизацією для морських підводних пошукових місій. Починаючи з автоматического переходу МБК з порту відправлення в призначену точку, де відбувається автоматический запуск групи АНПА з борту БНС до заданої морської точки. Далі відбувається автоматическое формування (самоорганізація) випущених АНПА-груп для колективного переходу в робочу зону, де буде виконуватися підводна місія, після чого відбувається автоматическая самоорганізація, після якої відбувається груповий перехід до порту.

ГУ АНПА ускладнено через неопределенності в динаміці і комунікаційних обмеженнях в умовах оточуючої середовища. По цій причині цілесобразно синтезувати інтелектуальну САУ, яка дозволить їм плавати, не зіткнувшись один з одним і не удаляючись занадто далеко один від одного, щоб не втратити зв'язку між сусідніми АНПА. Для рішення цієї проблеми пропонується склад і конфігурація блоку сенсорів зовнішнього середовища (СВС), який дозволяє АНПА ідентифікувати присутність сусідів в неперервній близькості і напрямку їх руху. Для оцінки ступеня загрози зіткнень між агентами групи АНПА пропонується САУ-ГП в складі спеціальних трьох блоків – блоку «Модель навігаційної обстановки» (МНО) навколо відповідного АНПА і блоку «Ідентифікатор навігаційних загроз» (ИНУ) і, власне, блоку САУ одиночним АНПА, що дозволяють алгоритми адгезії і когезії з сусідами, як показано на рис. 1.

Інтелектуальна САУ-ГП заснована на принципі узгодженого управління з допомогою системи нечіткої логіки. Якісні процеси управління можуть бути покращені за рахунок використання більш досконалих підводних датчиків відстані і оптимізації параметрів САУ ГП для забезпечення стійкості узгодженого просторового руху АНПА.

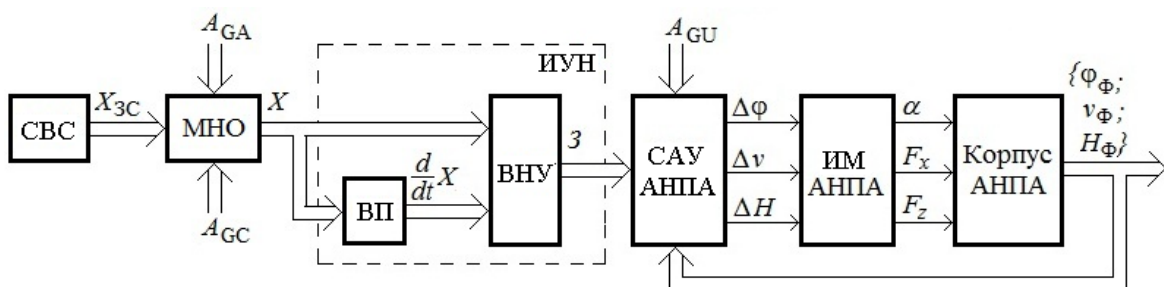


Рисунок 1 – Обобщенная структура САУ одиночным АНПА как агентом группы

Блок СВС содержит набор из S ($4 \leq S \leq 12$) сенсоров группового движения (сенсоры дистанций $X_{3C} = \{X_{3C1}; \dots; X_{3Ci}; \dots; X_{3CS}$ с целями, которые проявляются в секторах их измерений). На выходе блока СВС формируются множества дистанций до соседних АНПА, причем каждое множество сигналов X_{3Ci} может содержать несколько дистанций, если в секторе измерений i -го датчика находится несколько АНПА-соседей.

Блок САУ АНПА обобщает вычисленные рекомендации, используя их как корректирующие сигналы для генерирования управляющих воздействий $\{\Delta\varphi; \Delta v; \Delta H\}$ на исполнительные механизмы (ИМ). Вышеупомянутые управляющие воздействия, приложенные к корпусу АНПА, обуславливают появление фактических переменных пространственного движения нашего АНПА - $\{\varphi_f; v_f; H_f\}$, которые в качестве сигналов обратной связи используются в САУ АНПА.

Понятие выравнивания предусматривает задачи трех параметров автоматического движения группы АНПА:

$$\text{Выравнивание, когда } A_{GU} = \{\varphi_G; v_G; H_G\}, \quad (1)$$

$$\text{Адгезия, когда } A_{GA} = \{x_i \geq x_{min} \mid i=1, \dots, S\}, \quad (2)$$

$$\text{и когезия, когда } A_{GC} = \{x_i \leq x_{max} \mid i=1, \dots, S\}, \quad (3)$$

В качестве дальномеров АНПА могут быть использованы подводные ультразвуковые, лазерные или электрические сенсоры, которые должны обеспечивать САУ АНПА чувствительность к соседним АНПА в группе.

Блок МНО выдаст сигнал обнаруженной дистанции и производные в блоке ИНУ, где будут присутствовать фuzziфикации для коррекции и отправит рекомендацию АНПА маневрировать, чтобы либо избежать столкновения, либо заставить двигаться поближе, и находиться в группе.

Блок ИНУ оценивает и вычисляет навигационные степени угроз столкновения с АНПА - соседями и/или угрозу потери контактов с группой АНПА в случае горизонтального маневра, согласно зависимостям (1) - (3), а также вычисляет прогноз динамики движения группы выявленных АНПА-соседей. Выходным сигналом блока ИНУ есть вектор рекомендаций для маневрирования во избежание угроз $Y = \{Y_{11}; \dots; Y_{21} \dots; Y_{S1}\}$, где $Y_i = f(\varphi_i; v_i; H_i)$ - рекомендация по маневру своего АНПА во избежание столкновения или недопустимого удаления с i -м АНПА-соседом.

Определяя модульный характер интеллектуальной САУ АНПА, исследование специализированного моделирующего комплекса позволяет выделить группу однородных или разнородных АНПА, где каждый АНПА оснащен различными наборами приводов (конфигурация подруливающего устройства, рули направления и другие).

Эффективность группы в сотрудничестве во многом зависит от архитектуры и состава групповых контроллеров, которые кодируют логику группового управления. Чтобы обеспечить устойчивость миссии в случае возможной потери АНПА, каждый АНПА может функционировать в качестве ведущего, если возникнет такая необходимость, хотя в любое время ведущим может быть только один АНПА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adelinde M. Uhrmacher, Danny Weyns. Multi-Agent Systems: Simulation and Applications. Computational Analysis, Synthesis, and Design of Dynamic Systems. CRC Press, 2018 - 566 pages.
2. Louis Rosenberg, Gregg Willcox (2019). Artificial Swarm Intelligence - Pp.- 17. DOI: 10.1007/978-3-030-29516-5_79.
3. Volodymyr Blintsov, Leo Tosin Aloba. Control automation of maritime unmanned complex with a group of autonomous underwater vehicles. (2019), «EUREKA: Physics and Engineering» Number 4. P. 54-62. DOI: 10.21303/2461-4262.2019.00940 <http://eu-jr.eu/engineering/article/view/940/936>.

МОРСЬКА РОБОТОТЕХНІКА: СУЧАСНИЙ СТАН, ПОТРЕБИ ТА СПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНИ

Блінцов В.С., Блінцов О.В., Буруніна Ж.Ю.

*Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
(Україна)*

Однією зі стійких тенденцій розвитку морегосподарських комплексів та військово-морських флотів провідних морських країн світу є впровадження засобів морської робототехніки (ЗМР). До такої техніки, у першу чергу, відносяться:

- надводні безекіпажні катери (НБК, в англійській літературі – surface unmanned vessel, SUV);
- автономні ненаселені підводні апарати (АНПА, в англійській літературі – autonomous underwater vehicles, AUV);
- самохідні прив'язні підводні апарати (СППА, в англійській літературі – remotely operated vehicles, ROV);
- буксирувані підводні апарати (БПА, в англійській літературі – towed underwater vehicles, TUV);
- безпілотні літальні апарати морського базування чи застосування (БЛА, в англійській літературі – unmanned aerial vehicle, UAV).

Основні типи ЗМР показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Основні типи засобів морської робототехніки

Зазначені ЗМР використовуються для ведення пошуково-рятувальних та геологорозвідувальних операцій, природоохоронного моніторингу морської обстановки, виконання підводних археологічних досліджень, морських робіт з забезпечення судноплавства гідроакустичне сканування донної поверхні, складання цифрових карт тощо.

Для України в плані створення і застосування ЗМР сьогодні є характерними чотири фактори:

- висока актуальність оснащення такою технікою вітчизняних організацій, які ведуть виробничу діяльність у територіальних водах держави, особливо для застосування на малих глибинах (до 100 метрів);
- повна відсутність ЗМР на оснащенні промислових організацій України;
- відсутність науково обґрунтованої концепції створення і застосування ЗМР в інтересах підприємств морегосподарського комплексу України та силових структур (ВМС ЗС України, Державної прикордонної служби України, державної служби з надзвичайних ситуацій України);
- відсутність конструкторських організацій, спроможних виконувати функції ЦКБ-проектувальника ЗМР.

Багаторічний успішний досвід Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова в проектуванні ЗМР, будівництві діючих макетів та їх дослідницькій експлуатації свідчить, що для впровадження у практичну діяльність вітчизняних

підприємств нових зразків робототехніки необхідно розробити і затвердити план заходів, який включав би дві складові:

- короткотермінову – закупівлю зарубіжних зразків ЗМР для задоволення першочергових потреб вітчизняних підприємств морегосподарського комплексу щодо виконання пошукових, геологорозвідувальних, виробничих та наукових робіт у територіальних водах України;

- довготермінову – формулювання завдань щодо організації вітчизняного виробництва ЗМР та поставки нових зразків ЗМР вітчизняного виробництва, включаючи підготовку кадрів для їх використання за призначенням.

Першочерговим завданням для реалізації обох складових має бути розробка і затвердження у встановленому порядку «Концепції роботизації морегосподарського комплексу України» (назва робоча), яка б містила обґрунтування видів (типорозмірного ряду) ЗМР, необхідних для задоволення потреб вітчизняних організацій, їх кількості й технічних характеристик.

Окремим важливим питанням має бути обґрунтування необхідності розробки роботизованих технологій виконання морських робіт за допомогою створених ЗМР.

Невід’ємною складовою концепції мають бути питання підготовки кадрів для ефективного застосування ЗМР за призначенням.

У рамках реалізації першої складової плану заходів необхідно:

- розробити перелік завдань від організацій морегосподарського комплексу України, які можливо і доцільно розв’язувати із застосуванням ЗМР і з урахуванням гідрометеорологічних характеристик акваторій та з урахуванням технічного стану суден забезпечення (суден-носіїв ЗМР);

- розробити перелік заходів щодо порівняльного аналізу ринково доступних ЗМР зарубіжного виробництва та успішних практик їх застосування;

- розробити заходи щодо створення міжвідомчих комісій для прийняття рекомендацій по закупівлям із залученням представників профільних організацій та вітчизняних фахівців, які мають практичний досвід проектування і застосування ЗМР.

У рамках реалізації другої складової плану заходів необхідно розробити проект галузевої програми «Роботизація морегосподарського комплексу України» (назва робоча), яка б передбачала:

- проведення прикладних наукових досліджень у напрямку розробки тактики застосування ЗМР у діяльності цивільних та оборонних організацій України та забезпечення їх новими ЗМР вітчизняного виробництва; виконання таких досліджень доцільно доручити Національному університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Національному авіаційному університету, Національному університету оборони України імені І. Черняхівського та Центральному науково-дослідному інституту цивільного захисту України;

- утворення нових (чи реструктуризація існуючих) організаційних структур МОН України, НАН України та Державного концерну «Укроборонпром», цільовим призначенням яких було б проведення наукових досліджень, виконання проектно-конструкторських та будівельних робіт по створенню ЗМР вітчизняного виробництва;

- підготовку кадрів для освоєння та використання створених вітчизняних ЗМР в інтересах цивільних та оборонних структур держави; для такого виду діяльності доцільно залучати організації МОН України та ін.

Першим кроком розробки пропонованих «Концепції роботизації морегосподарського комплексу України» та галузевої програми «Роботизація морегосподарського комплексу України» може бути створення тимчасової робочої групи фахівців зазначених організацій на базі Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за участю зацікавлених організацій Міністерства інфраструктури України.

АНАЛІЗ МАНЕВРУВАННЯ СУДЕН У ГРУПІ ПРИ ЗБЛИЖЕННІ ДЕКІЛЬКОХ СУДЕН

Волков Є.Л.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Велика кількість морських суден та збільшення їх швидкостей є причиною збільшення навантаження на судноводія, який повинен вибрати маневр розходження враховуючи правила МППЗС – 72, які передбачають розходження з одним судном. При маневруванні серед великого скупчення маневруючих суден, в таких місцях як входження у гавань, вузькості, канали, виникає необхідність вибору маневру розходження при одночасному зближенні з декількома суднами. Маневр послідовного розходження з кожним із суден, що небезпечно наближаються, не може бути реалізованим у разі одночасного небезпечного зближення з двома і більш суднами. Тому вибір маневру розходження повинен враховувати маневрування всіх суден, що небезпечно зближуються.

Актуальність дослідження. В роботі [1] розглядається управління процесом розходження суден за допомогою СУРС, при якому зникає необхідність у взаємному узгодженні маневрів суден механізмом взаємодії, тобто реалізовується принцип зовнішнього повного управління процесом розходження.

Розробка структури універсальної системи координації взаємодії двох і трьох суден в процесі розходження при компенсації ситуаційного збурення є метою статті [2].

В роботі [3] запропоновано спосіб розходження судна з двома небезпечними цілями маневром послідовних ухилень, для локально-незалежного управління. Отримано аналітичні вирази для розрахунку параметрів маневру розходження. Наведено приклад розрахунку параметрів маневру розходження комп'ютерною програмою і наведені результати його програвання.

Аналізуючи зазначені роботи можливо зробити висновок, що дослідження вибору маневру розходження суден, при маневруванні у групі, де одночасно небезпечно зближуються декілька суден, залишається актуальною. При цьому також потребується розробка алгоритму поведінки базового судна у групі, для подальшого вибору типу маневру розходження, при дотриманні вимог МППЗС.

Запропонований спосіб оцінки ситуації небезпечного наближення декількох суден, може бути використано для розробки алгоритму, реалізованого у комп'ютерній програмі для подальшої інтеграції у комплекс навігаційного містка, тому являється актуальною темою наукового дослідження.

Постанова задачі. Ціллю цієї статті є дослідження маневрування базового (оперуючого) судна у групі суден, при одночасному небезпечному зближенні з декількома суднами, для підвищення безпеки судноводіння.

Результати дослідження. При маневруванні суден у групі виникає необхідність розглядати вибір маневру одночасного розходження базового судна S_0 з двома і більш суднами. Слід підкреслити що, правила МППЗС передбачають маневрування пари суден, тому як є бінарною системою координації, при розходженні суден.

Отже, розглянемо ситуацію маневрування базового судна S_0 у групі з n суден, де $n=5$ (Рис.1).

Поточну ситуацію зближення базового судна з n -ю кількістю цілей можна формалізувати як множину цілей M , декомпозицію якої можливо провести, залежно від наявності виникнення небезпечного зближення, як запропоновано в [4]. Декомпозиція множини цілей M , залежно від ступеня безпеки зіткнення базового судна з кожною з них, буде виглядати наступним чином: Судна цілі S_1 та S_3 належать до четвертої підмножини

M_4 , дистанція l_1 до яких зменшується, проте дистанція найкоротшого зближення l_{imin} більше гранично-допустимої дистанції, тобто відносно переміщення суден є безпечним.

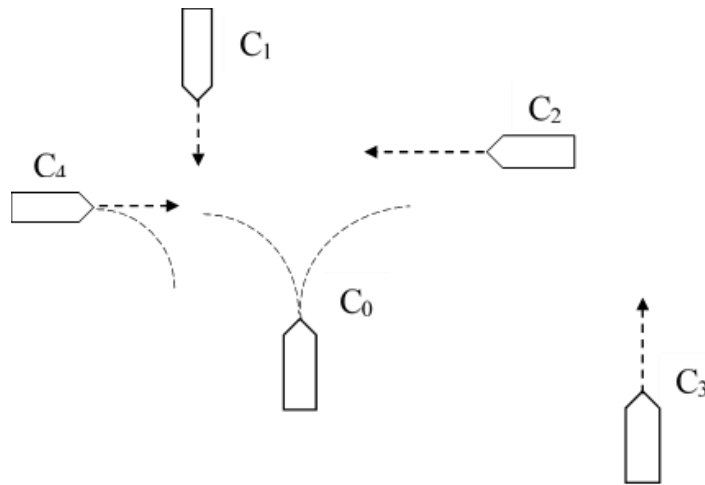


Рисунок 1 – Маневрування у групі суден

Судно C_2 належить до шостої підмножини M_6 , тобто цілі, яка знаходиться в другій області взаємних обов'язків, в якій базове судно повинне поступитися дорогою, а судно ціль – слідувати з незмінними параметрами руху [4].

Судно C_4 , належить до п'ятої підмножини M_5 , яка містить цілі, з якими судно знаходиться в першій області взаємних обов'язків. Це означає, що у поточний момент часу базове судно може не робити маневру для розходження. Але якщо судном C_4 не будуть вжиті дії для попередження зіткнення по досягненню дистанції зближення до звичайного l_{1a} та екстреного l_{2a} маневрування, то судно ціль C_4 перейде до підмножини M_8 . До підмножини M_8 відносяться цілі, які знаходяться в четвертій області взаємних обов'язків, – області екстреного маневрування, коли обидва взаємодіючі судна повинні вжити термінових заходів для запобігання зіткненню.

Розглянемо ситуацію небезпечного зближення базового судна C_0 з ціллю C_2 , коли в районі передбачуваного розходження знаходиться ще одне судно C_4 . В цьому випадку матриця ситуаційного збурення $W=\{\omega_{ij}\}$ буде мати вигляд [5]:

$$W = \begin{vmatrix} 0 & \omega_{02} & \omega_{04} \\ \omega_{20} & 0 & \omega_{24} \\ \omega_{42} & \omega_{40} & 0 \end{vmatrix},$$

в якій для даного випадку значення ситуаційних збурень ω_{02} і ω_{20} не рівні нулю.

Отже, між судами C_0 і C_2 виникає взаємодія, характер якої визначається бінарним координатором, реалізованому в МППСС-72, і судна виконують узгоджений маневр розходження, що компенсує ситуаційне збурення, тобто забезпечення звернення значень ситуаційних збурень ω_{02} і ω_{20} в нуль. При цьому стратегія розходження, яка формується оперуючим судном, залежить від початкових значень ситуаційних збурень $\omega_{04}=\omega_{40}$ і $\omega_{24}=\omega_{42}$.

За таких обставин $\omega_{04}=0$ та $\omega_{24}=0$ наявність судна C_4 не викликає появу його взаємодії з оперуючим судном і з ціллю. У цій ситуації $G^{(1)}$ виникає тільки взаємодія Bz_{02} між оперуючим судном C_0 і небезпечною ціллю C_2 і координатор, виходячи з відносної позиції суден і їх статусів наказує взаємодіючим суднам координуючі сигнали [5,6].

Ці сигнали визначають їх поведінку в процесі розходження, наказуючи кожному з них взаємні обов'язки, що дозволяє суднам зробити вибір стратегій розходження. При цьому одне з суден зберігає свої параметри руху, в той час як друге судно виконує маневр розходження або обидва судна вживають узгоджені маневри розходження.

Розглянемо ситуацію $G^{(2)}$, коли $\omega_{04} = 1$ і $\omega_{24} = 0$. У цьому випадку крім взаємодії B_{202} між судами C_0 і C_2 виникає взаємодія B_{204} між судами C_0 і C_4 . Отже, координатор формує координуючі сигнали оперуючому судну, які наказують йому тип поведінки тобто маневрувати або зберігати незмінні параметри руху, або ж суперечити один одному. У разі узгоджених координуючих сигналів оперуюче судно повинно дати дорогу суднам C_2 і C_4 маневром розходження, який може реалізуватися одним з двох можливих варіантів: загальним маневром для обох суден C_2 і C_4 або двома послідовними маневрами для кожного з суден [5,6].

Зазначене вище буде справедливим у разі послідовного розходження суден, при якому небезпечне зближення з судном C_2 , як подія A_{02} , виникає раніше, за часом, ніж небезпечне зближення з судном C_4 . У протилежному випадку, коли подія A_{04} , небезпечного зближення базового судна C_0 з судном ціллю C_4 настає раніше, то і відповідно стратегія розходження також повинна бути іншою.

Тому необхідно проаналізувати ситуацію одночасного зближення декількох суден як сукупність подій що прогножуються.

Небезпечне зближення суден, як подія A_{ij} , є досягнення дистанції мінімально допустимого зближення I_{\min} між зазначеними суднами і залежить від часу до настання події небезпечного зближення $t_{кр}$, пари суден у групі.

При маневруванні суден у групі, коли небезпечно зближуються три судна одночасно, дві події A_{02} та A_{04} будуть мати місце, це небезпечне зближення базового судна C_0 і C_2 та небезпечне зближення C_0 і C_4 відповідно. При тому можуть виникати умови при яких:

1. подія A_{02} настає раніше ніж подія A_{04} ;
2. Подія A_{04} настає раніше ніж подія A_{02} ;
3. Подія A_{02} (A_{04}) настає одночасно з подією A_{04} (A_{02});

Раніше було зазначено, що подія A_{ij} залежить від $t_{кр}$, тому перелічені умови можливо записати як $t_{кр02} < t_{кр04}$ або $t_{кр02} > t_{кр04}$ або $t_{кр02} = t_{кр04}$.

У випадку зближення базового судна C_0 з судном ціллю C_4 , за вимоги до правила 17.а.ii, МППЗС -72, судно C_4 повинно поступитися дорогою, але у випадку неприйняття відповідних маневрів судном C_4 , базове судно C_0 повинно власним маневром запобігти зіткнення та/або небезпечного зближення. Тому за I_{\min} потрібно вважати дистанцію екстреного маневрування I_{2d} і відповідно, для суден належних до підмножини M_8 , наступом події A_{04} необхідно вважати досягнення дистанції I_{2d} .

Висновки. Проведено аналіз зближення суден, при маневруванні у групі, розглянута взаємодія, що виникає між двома суднами, та роль МППЗС, як зовнішнього координатора, при послідовному розходженні базового судна з судном ціллю. Розглянуто одночасне зближення трьох суден. Запропоновано розглядати одночасне зближення декількох суден як сукупність подій для оцінки, як можливості послідовного розходження і вибору черговості розходження, так і в розробці алгоритму оптимального вибору типу маневру.

ЛІТЕРАТУРА

1. И. А. Бурмака Выбор стратегии расхождения группы судов методами внешнего управления Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V(16), Issue: 148, 2017. –с. 102.
2. Пятаков Э. Н., Пятаков В. Э., Станкевич К.Я. Согласование маневров расхождения нескольких судов. Судноводіння: Зб. наук. праць / НУ «ОМА». – Вип. 28. – Одеса: «ВидавІнформ», 2018. – с. 255.

3. Пятаков Э.Н., Пятаков В.Э., Петриченко О.А. Способ расхождения судна с двумя опасными целями последовательными уклонениями. Ежемесячный международный научный журнал «Austria-science» 1 часть №16/2018 – с. 83.

4. Y. Volkov. A study of decomposition of a group of ships for preliminary forecasting of dangerous approaching. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. PC «TECHNOLOGY CENTER» Ukrainian State University of Railway Transport. 3/3 (99)2019 – Kharkiv 2019 – 70 p.

5. 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.

6. 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.

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЗНО НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ УКРАЇНИ

Голіков А.О., Олійник Ю.О.

*Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)*

Вступ. Підвищити безпеку, а також спростити роботу судноводіїв допомагає відзначення небезпечних зон засобами навігаційного обладнання (ЗНО).

Впровадження віртуальних засобів навігації стало одним з найбільших досягнень в новітній історії мореплавства. Хоча багато з них в даний час знаходиться в стадії розробки, віртуальні ЗНО використовуються рядом Морських Адміністрацій у всьому світу.

Віртуальні ЗНО самі по собі не існують, на відміну від фізичних, проте містять сигнал, який передає їх розташування. Його можна описати як цифрову інформацію, передану від доступної станції АІС, відображену на електронній карті у вигляді віртуального маркера.

АІС ЗНО можуть бути реалізовані трьома способами: реальні, синтетичні та віртуальні.

Використання віртуальних АІС ЗНО значно покращує безпеку навігації. Це можна спостерігати в країнах, де активно використовується дана сучасна технологія, наприклад: Австралія, Америка, країни Європи.

Актуальність. Не дивлячись на те, що віртуальні засоби навігації не призначені для заміни фізичних ЗНО повністю, вони створюють можливість зробити в дуже короткий період небезпеку видимою, тим самим значно підвищити безпеку судноплавства. На річці Дніпро та українській ділянці річки Дунай є велика кількість небезпечних місць, де використання віртуальних АІС ЗНО значно підвищить безпеку.

Постановка задачі. Метою даної роботи є розкриття теми актуальності використання віртуальних АІС ЗНО на внутрішніх водних шляхах України, а також аналіз їх переваг і недоліків.

Результати дослідження. Віртуальні АІС ЗНО використовуються в якості маркування небезпек і перешкод. Існуючий на судні бортовий ретранслятор AIS, ECDIS, ECS (Electronic Chart System) або AIS-сумісна з радіолокаційною системою, здатні попередити екіпаж про небезпеку зіткнення завчасно.

Virtual AIS Beacon можуть виконувати такі функції:

- Маркування суднових каналів для «об'єднання точок» між фізичними буями для поліпшення видимості смуг руху;
- Маркування областей, де умови навігації часто змінюються, включаючи: запас під кілем, льодова обстановка, рівень води тощо;
- Маркування як видимих, так і невидимих небезпек, в тому числі: мости, буї, платформи, підводні трубопроводи, стоянки для яхт / пірси, маяки, рифи або зарості молюсків;
- Маркування небезпек, таких як піщані мілини, підводні буксирні гідролокатори тощо, для регулярного попередження про зміни їх розташування.

Так само може використовуватися для створення тимчасових кордонів навколо подій, таких як перегони на човнах або яхтах, або інших заборонених зонах, наприклад небезпечні розливи, морські охоронювані райони тощо. Один з багатьох прикладів використання віртуального маяка АІС є позначення навігаційного каналу. Це може бути

необхідно для посилення існуючих фізичних буїв або для здійснення тимчасового маршруту.

Особливості та переваги віртуальних АІС ЗНО:

- Встановлюються з набагато меншими витратами, ніж фізичні засоби навігації;
- Не має поточних витрат на технічне обслуговування, таких як у фізичних засобів навігації;
- Віддалено передає кілька ЗНО (Virtual AtoN);
- Дозволяє розміщувати віртуальні ЗНО в місцях, де неможливо встановити фізичні маркери;
- Зазначає розташування сейсмічних кіс, що буксируються позаду пошукових судів;
- Захищає морські платформи та небезпечні зони навколо морських бурових установок;
- Зазначає суднові канали та якірні стоянки;
- Є можливість створити та перемістити виділені місця розташування при зміні умов, такі як тимчасові зони безпеки, місця стоянки та швартування;
- Можливість створення тимчасових кордонів навколо небезпечних розливів, аварій, морських охоронюваних районів тощо;
- Швидкий і економічно ефективний спосіб розміщення численних ЗНО;
- Простота встановлення, експлуатації та обслуговування;
- Надійність у використанні.

З кожним роком вантажообіг на річці Дніпро збільшується в порівнянні з попереднім. Так наприклад, за даними Держстату, за 2018 рік на річковому транспорті України було перевезено майже 3,7 млн. тон вантажів, що на 1,6% більше, ніж за 2017 рік [1]. А за 2019 рік вантажні перевезення по річці Дніпро виросли ще на 1,7 млн. тон [2].

Таким чином, для підвищення безпеки судноплавства необхідно застосовувати сучасні технології моніторингу системами АІС ЗНО, для досягнення європейських стандартів.

Висновки. Розробка та впровадження автоматизованої системи моніторингу та дистанційного керування ЗНО на річкових судноплавних шляхів України з засобами електронної навігації спрямовані на поліпшення надійності роботи загальної системи навігаційно-гідрографічного забезпечення та зменшення експлуатаційних витрат на її обслуговування.

Для ефективного використання цього інструменту важливо, щоб моряки та відповідний береговий персонал були ознайомлені з правилами використання, вміли оцінювати навігаційну обстановку та безпеку мореплавства, оскільки віртуальні ЗНО є частиною нашого майбутнього.

Віртуальні засоби навігації можуть підвищити безпеку на внутрішніх водних шляхах України, а їх використання дадуть багато переваг.

ЛІТЕРАТУРА

1. В Украине растут объемы перевозок по Днепру - Укринформ <https://www.ukrinform.ru/rubric-economy/2662781-v-ukraine-rastut-obemyperevozok-po-dnepru.html>.
2. Грузооборот по Днепру вырос за счет перевозки зерновых – Инфоиндустрия <https://infoindustria.com.ua/gruzooborot-po-dnepru-vyros-za-schet-perevozki-zernovyh/>.
3. Госгидрография собирается внедрить автоматическую систему мониторинга СНО на Днепре – ЦТС (Центр транспортных стратегий)

https://cfts.org.ua/news/2019/10/24/gosgidrografiya_sobiraetsya_vnedrit_avtomaticheskuyu_sistemu_monitoringa_sno_na_dnepre_55892.

4. Голюков А.О., Мусаєв М.А., Олійник Ю.А., Сучасні проблеми Морського порту Маріуполь // Одеса - Матеріали науково – технічної конференції: судноводіння. Випуск № 28 - 2018 р.

5. Голюков А.О., Олійник Ю.А., Оцінка ризиків та рівня безпеки при зіткненні судна з мостом // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції (MINTT -2019) – 2019. – С. 170 – 172.

6. Голюков А.О., Олійник Ю.А., Управління навігаційною безпекою судна на мілководді в акваторії порту // НУ «ОМА» – Збірник наукових праць. Випуск №29 – 2019 р. – С. 76 – 81.

IMPROVING THE ACCURACY AND RELIABILITY OF AUTOMATIC VESSEL MOTION CONTROL SYSTEM

*Zinchenko S.M., Ben A.P., Nosov P.S., Mamenko P.P., Mateichuk V.M.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)*

Introduction. Currently, more than 90% of all cargo in the world is transported by sea. If we also take into account the presence of a significant number of warships, we can say that the oceans have become quite "crowded". People and their ship management decisions have caused most maritime accidents. Thus, the Dutch study "100 Sea casualties" revealed that the human factor led to 96 out of 100 accidents. According to the United Kingdom Protection and Indemnity Club, the human factor accounts for 89–96% of ship collisions, 84–88% of tanker accidents, 79% of towing ship a grounds and costs the marine industry about \$ 541 million a year. A detailed analysis of the causes of ship accidents at sea due to the human factor is given in [1]. The human factor is the weakest link in ship management. Studies of the influence of the human factor on management have been considered in the works of many authors, in particular [1 - 5]. Organizational measures taken to strengthen the training and retraining of skippers, amending the International Convention on Standards of Training, Certification, and Watch keeping for Seafarers [1] in terms of language requirements, other measures did not lead to a significant reduction in accident rates. Experts note that the only way to achieve the desired result is the development and implementation of automated decision support systems and automatic control systems.

Automated decision support systems suggest a person in the control loop and provide him with technical support, for example, in the form of monitoring the parameters of the ship's state vector and propulsion system, the formation of warning messages, control warnings, etc. In such systems, despite the technical support from automated decision support systems, the skipper makes the final decision on the control of the ship, which means, in the control chain there remains the link of the HF with partially indefinite behavior that generates a certain percentage of errors and has large delays in the processing and transmission of information [6-7].

In automatic control systems, the HF link is absent, which gives them great advantages: automatic systems are not subject to fatigue, emotions, stresses; no communication problems; information in the system is transmitted almost without delay, which is especially important when controlled inertial dimensional objects; the task can be solved optimally, which saves time and resources. In automatic systems can be achieved greater control accuracy and reliability. The accuracy of control, in the absence of a HF link, is determined only by the errors of technical devices (sensors and actuators), the scheme and accuracy of the calculations. Using mathematical methods can improve the characteristics of the input signals and increase the accuracy of control.

Relevance of research. The work [1] gives an example of a failure of the navigation equipment of the MS Royal Majesty ship. None of the crew found a failure of the equipment and did not even respond to the warning of the Portuguese fishing boats that the vessel was in danger, which ultimately led to the ship's departure from the route for 17 miles and landing aground. In automatic systems, incorrect operation or failure of navigation equipment, equipment in linear motion control channels (automation, engine, propulsion), angular movement control equipment (automation, drives, rudders) can be detected automatically by analyzing the dynamics of the control object. Most modern ships use autopilots, which are representatives of automatic systems. Similarly to autopilots, other automatic control modules can be developed that solve more complex applied problems, for example, automatic divergence with many targets [8-9], automatic wiring in narrowness, optimal maneuvering, etc. The skipper, as in the case of autopilot, only makes a decision about the involvement of the necessary module and controls the implementation of the task, and technical control of the vessel is provided automatically, according to the algorithms laid

down in the on-board controller. As follows from the foregoing, automatic control systems have huge advantages over manual control, as well as ADSS systems. Therefore, the development of such systems is an urgent scientific and technical task.

Problem statement. Is given a mathematical model of the movement of the control object in the form of a system of nonlinear differential equations, taking into account the effects of wind, flow and waves, a mathematical model of actuators in the form of a system of linear differential equations with a model of errors and failures, as well as a mathematical model of sensors in the form of a system of algebraic equations with model of errors and failures.

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{U}) + \mathbf{W}, \quad (1)$$

$$\mathbf{X}_m = \mathbf{X} + \Delta\mathbf{X}_m + \delta\mathbf{X}_m + \nabla\mathbf{X}_m, \quad (2)$$

$$\mathbf{U} = (\mathbf{U}_l(\theta) + \nabla\mathbf{U}_l, \mathbf{U}_a(\delta) + \nabla\mathbf{U}_a). \quad (3)$$

It is required to form such controls θ and δ that would ensure control of the object (1) in conditions of measurement errors and failures of sensors (2) and actuators (3).

Research results. Fig. 1 shows the block diagram of the control object and the control system.

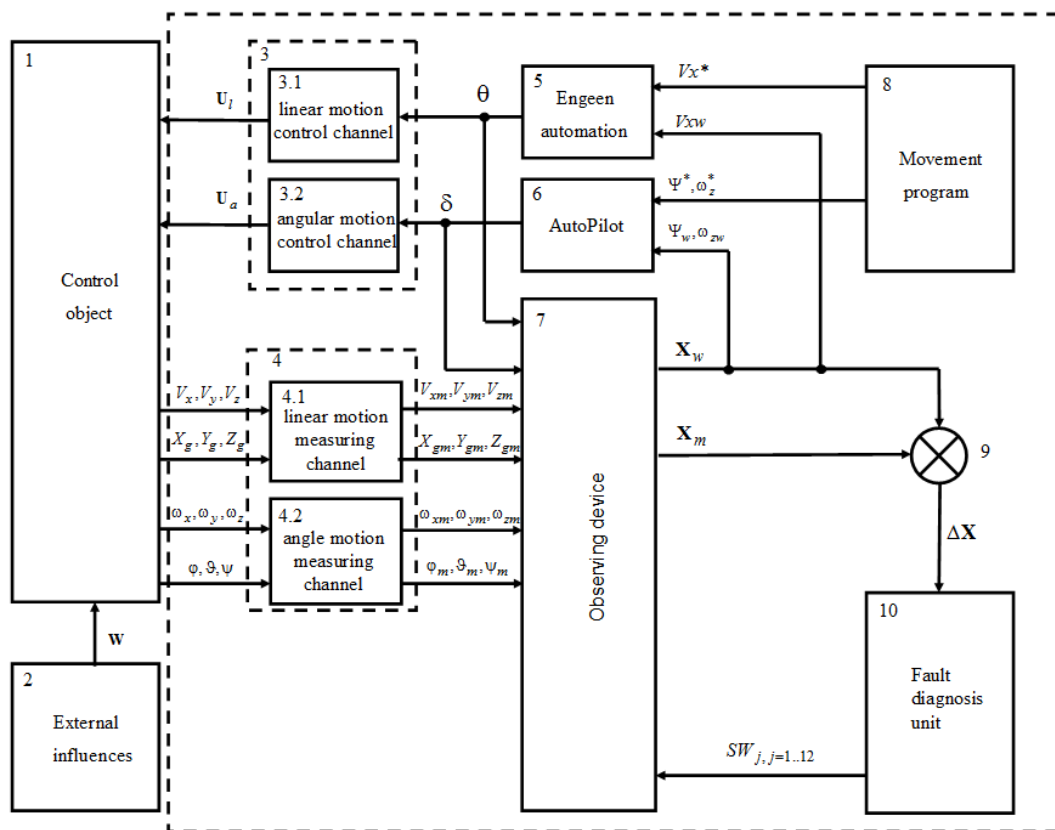


Fig. 1 – The block diagram of the control object and the control system

Observer 7 is a mathematical model of the control object and is used to estimate the state vector parameters of the control object. Due to the inaccuracy of the mathematical model and calculation errors, estimate of the state vector parameters with time will be more and more different from the state vector itself. To prevent this divergence, the observer's estimates are adjusted using the residuals between the measured parameters and their estimates.

$$\frac{d\mathbf{X}_w}{dt} = \mathbf{F}_w(\mathbf{X}_w, \mathbf{U}) + \mathbf{L}(\mathbf{X}_m - \mathbf{X}_w). \quad (4)$$

In comparator 9, the measured state vector parameters \mathbf{X}_m are compared at each step of the calculations with the corresponding estimation vector parameters \mathbf{X}_w to form the residual vector $\Delta\mathbf{X} = \mathbf{X}_m - \mathbf{X}_w$, which is fed to the fault diagnosis unit 10. The fault diagnosis unit 10 controls the excess of the residual vector parameters $\Delta\mathbf{X}$ the permissible values $\Delta\mathbf{X}^*$. If one of the parameters $\Delta\mathbf{X}_j$ exceeds the permissible value $\Delta\mathbf{X}_j^*$, the failure diagnosis unit 10 feeds to the input of the observer 7 a signal $sw_j = 0$ to reset the j -column of the matrix \mathbf{L} in order to prevent distortion of the state vector estimates by the j -sensor. In this case, a further estimate of the state vector \mathbf{X}_w is made according to the replacement information.

Estimations of the yaw angle ψ_w and yaw rate ω_{zw} from the output of the observer 7, as well as the required course K^* and the required yaw rate ω_z^* , from the block of motion programs 8, are fed to the inputs of the autopilot 6, where control δ is formed

$$\delta = k_\psi(\psi_w - K^*) + k_\omega(\omega_{zw} - \omega_z^*) + k_f \int (\psi_w - K^*) dt.$$

The speed estimation V_{xw} from the output of the observer 7, as well as the required speed V_x^* from the block of motion programs 8 are fed to the inputs of engine automation unit 5, where control θ is formed

$$\theta = \frac{\pi V_x^*}{2 V_{\max}}$$

Verification of the operability and effectiveness of the method and algorithms for improving the accuracy and reliability of automatic vessel motion control systems in conditions of large deviations in sensors measurements during maneuvering and failures of sensors and actuators, as well as the mathematical support developed on its basis, was verified by mathematical modeling in the MATLAB environment of a control object in a closed circuit with a control system including an observer and a fault diagnosis unit.

Fig. 2 shows the results of detecting sensor failures during acceleration of the vessel and simultaneous yaw turning on 45 dg.

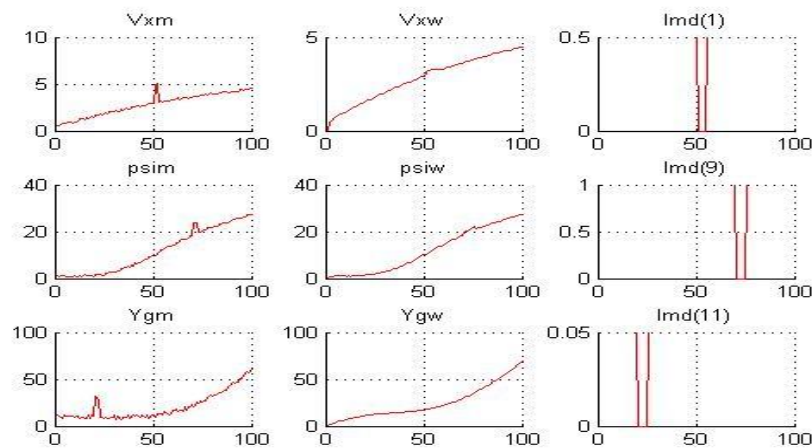


Fig. 2 – The results of detecting sensor failures

Fig. 3 shows the results of detection linear motion control channel failure, when the vessel was moving at maximum speed.

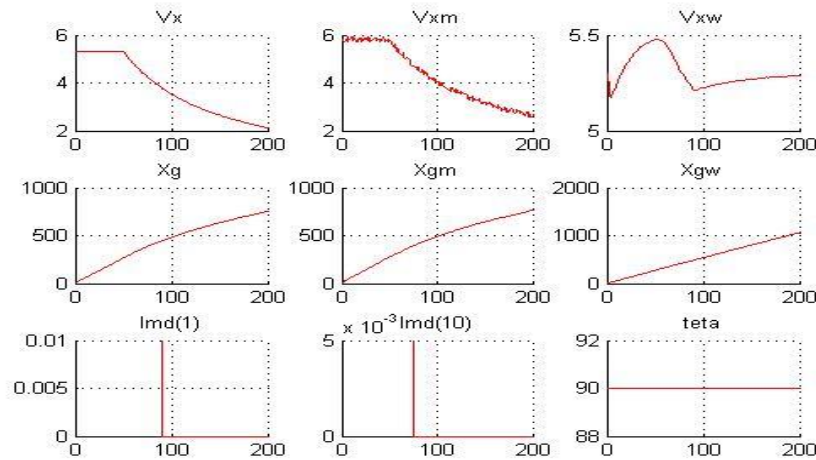


Fig. 3 – Detection linear motion control channel failure

Conclusion. There were proposed the method and algorithms of the vessel linear and angular motion control system, which allow to increase the accuracy and reliability of control in the conditions of significant errors of the sensors during intensive maneuvering and possible failures of the sensors and actuators. As can be seen from the results of mathematical modeling, the proposed method and algorithms, in comparison with the known solutions, make it possible to detect and parry the failures of sensors and actuators in the channels of linear and angular movement of the vessel due to the use of an observer in the control system for assessing the parameters of the state vector by measuring the parameters of motion, constant monitoring of the measured information according to the estimates of state vector parameters, forming a failure of the sensor that did not pass the control, and replacing its data with the information of another sensor working with it in pair. The failure of actuators in the control channel is detected if a simultaneous or sequential, after a short period of time, failure of the main and replacement sensors of this channel is detected.

REFERENCES

1. Apostol - Mates R. Human error – the main factor in marine accidents / R. Apostol - Mates, A. Barbu // Naval Academy Scientific Bulletin. – 2016. - Vol. 19. - Issue 2. DOI: 10.21279/1454-864X-16-I2-068.
2. Sotiralis P. Incorporation of human factors into ship collision risk models focusing on human centred design aspects / P. Sotiralis, N. P. Ventikos, R. Hamann, P. Golyshev, A. P. Teixeira // Reliability Engineering & System Safety. – 2016. - Vol. - 156. - P. 210-227. DOI: 10.1016/j.res.2016.08.007.
3. Luo M. Half-century research developments in maritime accidents: Future directions / M. Luo, S. Shin // Accident Analysis & Prevention. – 2019. - Vol. 123. - P. 448-460. DOI: 10.1016/j.aap.2016.04.010.
4. Popovych I. S. Research of Relationship between the Social Expectations and Professional Training of Lyceum Students studying in the Field of Shipbuilding / I. S. Popovych, O. Ye Blynova, M. I. Aleksieieva, P. S. Nosov, N. Ye. Zavatska, O. O. Smyrnova // Revista Espacios. – 2019. - Vol. 40. - Issue 33. - P. 21-34.
5. Popovych I. Psychology of Social Expectations of Personality: Methodology, Theory and Practice [Electronic resource] / I. Popovych // Revista ESPACIOS. – 2019. - Vol. 40(33). – P. 21. Access mode: <https://www.revistaespacios.com/a19v40n33/19403321.html>.

6. Nosov P. S. Identification of “Human error” negative manifestation in maritime transport / P. S. Nosov, A. P. Ben, V. N. Mateichuk, M. S. Safonov // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2018. - Vol. 4 (47). - P. 204-213. DOI: 10.15588/1607-3274-2018-4-20.

7. Nosov P. Approaches going to determination periods of the human factor of navigators during supernumerary situations / P. Nosov, A. Ben, A. Safonova, I. Palamarchuk // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2019. – Vol. 2(49). - P. 140-150. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-2-15.

8. Zinchenko S. M. Automatic collision avoidance with many targets, including maneuvering ones / S. M. Zinchenko, P. S. Nosov, V. M. Mateichuk, P. P. Mamenko, O. O. Grosheva // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2019. - Vol. 4. - P. 211 – 222. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-4-20.

9. Zinchenko S. Automatic collision avoidance with many targets, including maneuvering ones / S. Zinchenko, P. Nosov, V. Mateichuk, P. Mamenko, O. Grosheva // The International scientific and practical conference dedicated to the memory of professor Fomin Y.Y. and Semenov V. S. (FS - 2019), Odessa - Istanbul - Odessa, 24 – 28 April, 2019, proceedings. – ONMU, 2019. - P. 343-349.

WHAT IS THE PIVOT POINT AND HOW TO USE IT TO CONTROL THE VESSEL

Zinchenko S.M., Tovstokoryi O.M.

Kherson State Maritime Academy

(Ukraine)

Introduction. Recently, the number and size of ships has increased significantly. The size of ports increases much slower than the growth in the number and size of ships, which requires a more accurate understanding of the behavior of the vessel during maneuvering. So, it was previously believed that rotation point of the vessel coincided with the center of gravity. However, numerous practical experience has shown that this is not so. Inaccurate knowledge of the position of the rotation point leads to a significant increase in the maneuvering area, which is not desirable in cramped waters. The research of the position of the pivot point of the vessel has been the subject of many works, some of which [1-14] are given in the list of references to this article. In articles [3-7, 14], the authors call the rotation point of the vessel as pivot point and determine its position as the point of application of the resultant transverse hydrodynamic forces. In works [8-13], the pivot point is considered as a conditional point at which the drift angle is zero. The position of this point is determined by the values of the lateral speed component of the vessel and the angular rate of vessel around the center of gravity. This allows to consider two ship movements - lateral and rotational as one movement around the pivot point, which is much more optimal. In works [8, 11] were considered various practical cases, when taking into account the position of the pivot point can optimize control.

Relevance of research. Unfortunately, determining the position of the pivot point relative to the center of gravity, as suggested in works [8, 11], is not entirely correct, since the vessel does not rotate relative to the center of gravity, but relative to the center of rotation, as was shown in the works [3-7, 14], whose position is determined as the point of application of the resultant transverse hydrodynamic forces. In addition, in works [8, 11] were given only recommendations on the use of the position of the pivot point in control, but not given a specific methods and algorithms for determining the rotation control of a vessel around a pivot point. Therefore, the solution of the problem of determining the rotation center position, pivot point position, as well as their use for the formation of rotation control is an urgent scientific and technical problem.

Problem statement. Is given a mathematical model of the control object in the form of a linear differential equations of lateral and angular motion of the vessel with controls δ_1, δ_2 .

$$\begin{aligned} m \frac{dV_y}{dt} &= \frac{dF_y}{d\delta_1} \delta_1 + \frac{dF_y}{d\delta_2} \delta_2 - \frac{dF_y}{dV_y} V_y, \\ I_z \frac{d\omega_z}{dt} &= -\frac{dF_y}{d\delta_1} l_1 \delta_1 + \frac{dF_y}{d\delta_2} l_2 \delta_2 - \frac{dM_z}{d\omega_z} \omega_z, \end{aligned} \quad (1)$$

It is required to find controls δ_1, δ_2 , that ensure the rotation of the vessel around a given pivot point, including optimal.

Research results. Rotation center. In [14], it was noted that the center of lateral resistance of the vessel is located between the gravity center of the vessel and the center of its underwater part. Indeed, in the absence of hydrodynamic resistance, the rotation center of the vessel will coincide with the gravity center, and in the absence of inertia moments, the rotation center of the vessel will coincide with the center of lateral hydrodynamic resistance. If both factors are present, the rotation center of the vessel will be between the center of gravity and the center of lateral hydrodynamic resistance. Moreover, the authors of this article believe that the rotation center of the vessel located at the point relative to which it is easiest to rotate the vessel, that is, at the point relative to which the vessel will have the greatest angular acceleration from the applied torque M .

$$\frac{d\omega_z}{dt} = \frac{M - \Delta F(l_0 - \Delta x)}{I_z + m\Delta x^2} \rightarrow \max$$

After transformations, determine the displacement Δx of the rotation center relative to the center of gravity

$$\Delta x = \frac{L}{2} \left(1 - \frac{V_{\max}}{V + V_{\max}}\right). \quad (2)$$

As can be seen from formula (2), the center of rotation is shifted slowly relative to the center of gravity of the vessel along a hyperbole, depending on the speed of the vessel. The limit position of the rotation center with an unlimited increase in speed is $\Delta x = \frac{L}{2}$.

Pivot point. As noted in works [8–13], the pivot point is a conditional point relative to which two movements — lateral and rotational around the rotation center look like one rotational around the pivot point. A feature of this point is the absence in it of the total lateral speed from lateral and rotational movements $V_y + \omega_z R = 0$,

$$R = -\frac{V_y}{\omega_z}. \quad (3)$$

As follows from equation (3), a necessary and sufficient condition for the existence of a pivot point is the presence of a lateral component V_y of linear speed and angular rate ω_z relative to the rotation center. From formula (3) it follows that position R of rotation center is very mobile and can change very quickly in the range $-\infty \leq R \leq +\infty$ when the angular rate fluctuates around zero. Thus, as follows from the above, the rotation centre, the pivot point and the gravity centre of the vessel are three different points which don't always coincide with each other.

Turning control. Figure 1 shows one of the practical applications of the pivot point when maneuvering a vessel around a hazard for positive and negative values of the pivot point.

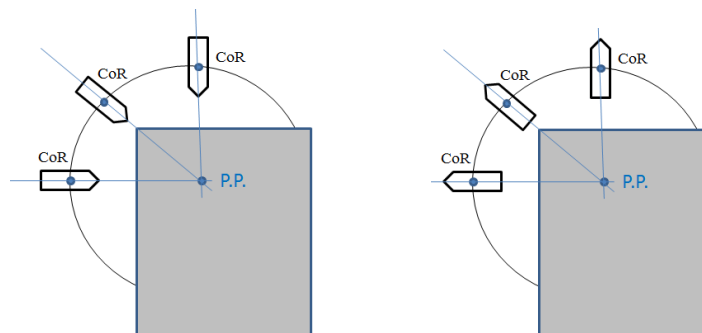


Fig. 1 - Turn around a pivot point

From the system (1), for the steady state of motion, determine the dependence of the lateral speed and angular rate of the vessel on the controls δ_1, δ_2 .

$$V_y = \frac{dF_y}{d\delta} \frac{dV_y}{dF_y} (\delta_1 + \delta_2),$$

$$\omega_z = \frac{dF_y}{d\delta} \frac{d\omega_z}{dM_z} (-l_1 \delta_1 + l_2 \delta_2).$$

or, taking into account formula (3)

$$\delta_1 = -\frac{\left(\frac{dV_y}{dF_y} + R * \frac{d\omega_z}{dM_z} l_2\right)}{\left(\frac{dV_y}{dF_y} - R * \frac{d\omega_z}{dM_z} l_1\right)} \delta_2 \quad (4)$$

Fig. 2 shows the areas of admissible controls in which the required rotations are realized.

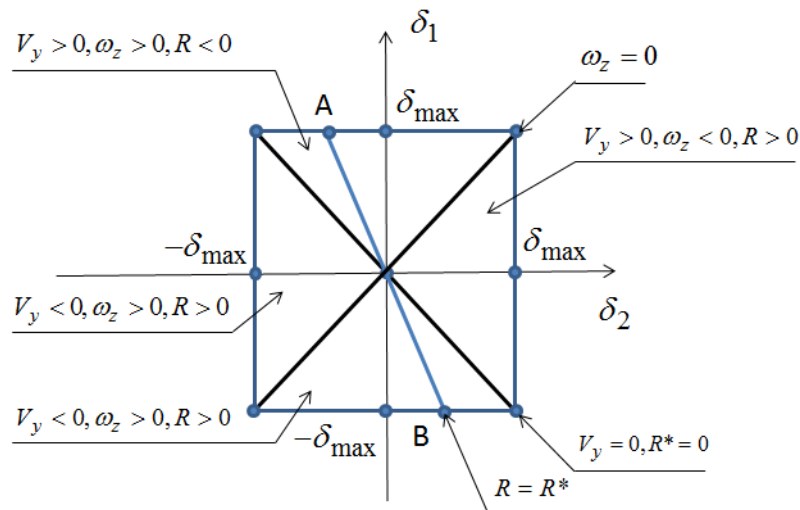


Fig. 2 – Areas $R = R^*, V_y = 0, \omega_z = 0$

Optimal controls. As follows from Fig. 2, the required rotations of the vessel can be implemented in many ways. Thus, the rotation of the vessel around a given position $R = R^*$ of the pivot point can be implemented by a variety of controls located on the segment AB . Optimal controls, according to the maximum principle, will be located at points A or B . In point A $\delta_1 = \delta_{\max}$ and δ_2 is determined from equation (4), in point B $\delta_1 = -\delta_{\max}$ and δ_2 is determined from equation (4).

The performance check of the proposed method and algorithms was carried out on a Navi Trainer 5000 simulator. The point for which an optimal maneuver was calculated is located at the extremity of one of the breakwaters in the Bosphorus Strait. Using the formula (4), there were calculated the positions of the thrusters for a speed-optimal turn around a given pivot point and the thrusters were set to a pre-calculated position. As the simulation results showed, the pre-calculated controls ensured the rotation of the vessel around a given position of the pivot point.

Conclusion.

- it is shown that the rotation centre, the pivot point and the gravity centre of the vessel are three different points, which, in the general case, do not coincide with each other.
- rotation center of the vessel located at the point relative to which it is easiest to rotate the vessel, that is, at the point relative to which the vessel will have the greatest angular acceleration from the applied torque $\Delta x = \frac{L}{2} \left(1 - \frac{V_{\max}}{\Delta V + V_{\max}}\right)$. Rotation center is shifted slowly relative to the gravity center of the vessel along a hyperbole, depending on the speed of the vessel. The limit position of the rotation center with an unlimited increase in speed is $\Delta x = \frac{L}{2}$;
- a necessary and sufficient condition for the existence of a pivot point is the presence of a lateral component V_y of linear speed and angular rate ω_z relative to the rotation center. Position R of rotation center is very mobile and can change very quickly in the range $-\infty \leq R \leq +\infty$ when the angular rate fluctuates around zero.
- there were constructed the areas of admissible controls in which the required rotations are realized;
- it was obtained optimal motion control around the pivot point;
- the correctness of the method and algorithms were verified by mathematical modeling on a navigation simulator Navi Trainer 5000.

REFERENCES

1. Crenshaw R. S. Naval Shiphandling. Maryland: United States Naval Institute. - 1976.
2. Lewis E. V. Motions in Waves and Controllability / E. V. Lewis // Principles of Naval Architecture. – 1989. - № 3.
3. Hooyer H. H. Behavior and Handling of Ships / H. H. Hooyer // Cornell Maritime Press. - 1983.
4. Inoue K. Estimation the Position of the Pivot Point in Ship Handling and Analysing its Characteristics / K. Inoue, J. M. Jiang , S. Isihata // Journal of Society of Navigation, Japan. – 1993. - № 89. – P 39-49.
5. Tzeng Ch. Analysys of the pivot point for a turning ship / Tzeng Ch. // Journal of marine science and technology. – 1998. - № 6(1). – P. 39 – 44.
6. Chase Andy G. Sailing Vessel Handling and Seamanship – The Moving Pivot Point / Andy G. Chase // The Northern Mariner. – 1999. – P. 53-59.
7. Artyszuk J. Pivot point in ship manoeuvring / J. Artyszuk // Scientific Journals Maritime University of Szczecin. - № 20(92). – P.13-24.
8. Seo S. G. The Use of Pivot Point in Ship Handling for Safer and More Accurate Ship Manoeuvring / S. G. Seo // Proceedings of IMLA. – 2011. - № 1(29). – P. 271-280.
9. Butusina P. Ship's Pivot Point in current and swell [Electronic resource] / P. Butusina, D. Dinu . - 2012. Access mode: <http://www.pilotmag.co.uk/wp-content/uploads/2012/01/Pivot-point-final.pdf>.
10. Tovstokoryi O. N. Eksperimental'noe opredelenie polozhenija poljusa povorota po tangencial'nym skorostjam nosa i kormy [Electronic resource] / O. N. Tovstokoryi // Naukovij visnik HDMA. - 2014. - № 1(10). – P.57-63. Access mode: http://kma.ks.ua/ua/images/science/publications/2014/1_10/10.pdf.
11. Seo S. G. Safer and More Efficient Ship Handling with the Pivot Point Concept / S. G. Seo // The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. - 2016. - № 10(4). – P. 605-612. DOI: 12.12716/1001.10.04.09.
12. Tovstokoryi O. M. Keruvannja polozhennjam poljusu povorotu na dvogvintovomu konvencijnomu sudni [Electronic resource] / O. M. Tovstokoryi, V.S. Mojseenko // Naukovyi visnik HDMA. -2017. - № 2(17). – P. 101-109. Access mode: http://kma.ks.ua/ua/images/science/publications/2017/2_17/14.pdf.
13. Nedelcu A. Ship Maneuvering Prediction based Pivot Point Estimation / A. Nedelcu, S. Lupu, A. Toma, C. Clinci // Scientific Bulletin of Naval Academy. - 2018. - № 21(2). – P. 81-86. DOI:10.21279/1454-864X-18-I2-008.
14. Cauvier H. The Pivot Point [Electronic resource] / H. Cauvier // The PILOT. The official organ of the United Kingdom Maritime Pilots' Association. - 2008. - № 295. Access mode: <http://www.pilotmag.co.uk/wp-content/uploads/2008/06/pilotmag-295-final-web.pdf>.

КОНЦЕПЦІЯ РЕКОНФІГУРАЦІЇ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КЕРОВАНостІ ТА СТІЙКОСТІ ПОВІТРЯНОГО КОРАБЛЯ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ У ПОЛЬОТІ

*Казак В.М., Шевчук Д.О., Прохоренко І.В., Тимошенко Н.А.
Національний авіаційний університет
(Україна)*

Вступ. Під особливою ситуацією (ОС) розуміється позаштатна ситуація, що виникає у польоті в результаті впливу несприятливих факторів або їх комбінацій, що й зумовлює до зниження рівня безпеки польоту [1]. До таких факторів належать: відмови і несправності окремих елементів функціональних систем повітряного корабля (ПК); вплив несприятливих зовнішніх умов і внутрішніх процесів; недоліки в наземному забезпеченні польоту; помилки й порушення правил експлуатації функціональних систем і техніки пілотування; прояви несприятливих особливостей аеродинаміки, у результаті виникнення пошкоджень зовнішніх обводів ПК у польоті.

Основною характеристикою, яка характеризує якість функціонування ПК, є безпека польотів (БП). Рівень БП визначається імовірністю того, що у польоті не виникне така ОС, яка призведе до аварії або катастрофи:

$$P_{\text{БП}}(A) = P_{\text{ПР}}(t)P(ATC / \text{ПР}), \quad (1)$$

де: $P_{\text{БП}}(A)$ – безумовна ймовірність безпечного функціонування ПК; $P_{\text{ПР}}(t)$ – імовірність, того, що передумов льотної події немає; $P(\text{ПК} / \text{ПР})$ – умовна ймовірність безпечного функціонування ПК за умови відсутності передумов льотної події.

Як показує аналіз зразків технічного рівня авіаційної техніки, у ПК попередніх поколінь через відсутність засобів автоматичної реконфігурації керування ці функції покладено на екіпаж. Результат реконфігурації керування повністю залежить від уміння, досвіду та особистих характеристик пілота, хоча принципово реконфігурація дозволила запобігти 70% випадків тяжких авіаційних пригод, спричинених пошкодженням зовнішніх обводів ПК, а також відмов приводів і кермових органів (цей висновок зроблено в працях [2; 3] на підставі аналізу причин льотних пригод, що сталися у США). У зв'язку з цим виникає потреба у розробленні теоретичних основ побудови автоматизованих систем реконфігурації керування (АСРК), які могли б забезпечувати відновлення керованості та стійкості ПК в умовах виникнення аварійних чи катастрофічних ситуацій у польоті і тим самим забезпечувати заданий рівень БП.

Порівняльний аналіз праць [3-6], присвячених питанням збереження високого рівня БП ПК в умовах раптового виникнення ОС у польоті показує, що основним напрямом досліджень є визначення можливості збереження прийнятних характеристик керованості та стійкості ПК за рахунок застосування самовідновних САК польотом. У цьому напрямі в 1994 р. лабораторією динаміки польоту ВПС США започатковано розроблення програми SRFCS (Self-RepairingFlightControlSystem) [7], метою якої вжити у процесі розроблення САК літаків заходів, що забезпечують реконфігурацію і діагностування стану динамічної системи та спрямованих на підвищення надійності, відмовостійкості, живучості, ремонтпридатності з одночасним зниженням витрат на життєвий цикл розроблюваної авіаційної техніки. Програма SRFCS передбачає два основні підходи [7]. Перший пов'язаний з автоматичною реконфігурацією, другий – з побудовою експертних діагностичних систем, які формують рекомендації пілоту залежно від поточної польотної ситуації. Математичне моделювання процесу виникнення та розвитку катастрофічної ситуації рейсу EL AL B747-200F 4X-AXG підтвердило можливість її запобігання та виконання безпечної посадки за рахунок застосування методу перерозподілу керувальних дій на справні керувальні поверхні [8].

Авіаційними фірмами «Airbus» та «Boeing» проводяться активні дослідження можливостей вирішення проблеми наслідків аварійної ситуації, що склалася у польоті. Так, результатом досліджень є розроблена та запатентована фірмою «Airbus» система захисту ПК від помилкових чи навмисних дій, що призводять до катастрофи, яка містить: базу даних типових катастрофічних ситуацій, блок оцінювання стану та параметрів польоту ПК, блок порівняння параметрів руху з еталонними значеннями, обчислювач моменту блокування помилкових дій екіпажу [9]. У разі виникнення катастрофічної ситуації формується сигнал блокування керувальних дій екіпажу ПК і система захисту виконує аварійно-автоматичне керування параметрами польоту для запобігання її подальшому розвитку. Недоліком системи є неможливість використання в умовах відмов одного з двигунів, пошкодженень зовнішніх обводів, керувальних поверхонь ПК, а також аварійної ситуації на етапі посадки, коли екіпажу необхідно приймати рішення про продовження її виконання чи уходу на друге коло. Фірмою «Boeing» розроблено систему попередження критичних режимів роботи системи «екіпаж – ПК», за якого виявляють для кожного поточного небезпечного фактора, прирощення показника складності керування і видають екіпажу команди, які залежать від величини зазначених прирощень показника «складності керування», а також у разі потреби формується адресна команда на засоби керування ПК для переведення його в стан, що характеризується допустимим рівнем складності керування. Недоліком системи є ускладнене встановлення коректного зв'язку між параметрами вектора стану літака, значення якого швидко змінюється у процесі польоту, особливо в умовах аварійної ситуації із запропонованим показником допустимого рівня керування. [9].

Однією з основних вимог автоматизації процесів реконфігурації є структурна та функціональна надмірність елементів системи, які використовуються як органи керування (рис. 1).

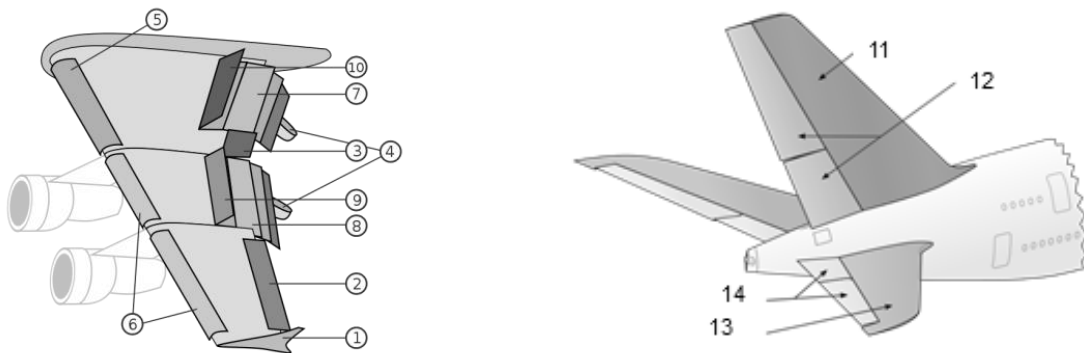


Рисунок 1– Типові керувальні поверхні великого транспортного літака: 1 – закінцівки; 2 – елерони; 3 – високошвидкісні елерони; 4 – балки закрилло; 5 передкрилок Крюгера; 6 – передкрилки; 7 – внутрішні трьохщільові закрилки; 8 – зовнішні трищільові закрилки; 9 – спойлери; 10 – інтерцептори; 11 – вертикальний стабілізатор; 12 – кермо напрямку; 13 – горизонтальний стабілізатор; 14 – кермо висоти; 15 – двигуни

У працях [2, 5, 6] зазначено, що для високоманеврових літаків зі зниженою статичною стійкістю, які виходять на критичні значення кута атаки, для успішної реконфігурації при пошкодженнях зовнішнього обводу ПК та відмовах керувальних поверхонь необхідно, як мінімум, вісім незалежних органів керування. Іншими умовами для забезпечення реконфігурації необхідно введення датчиків кутів відхилень органів керування і наявність діагностичної інформації про виникнення типових пошкоджень зовнішніх обводів ПК.

Основна частина. У дослідженні пропонується концепція реконфігурованої САК, що забезпечує відновлення керуваності та стійкості ПК в умовах виникнення аварійної чи

катастрофічної ситуації за рахунок реконфігурації: керувальних дій, структури, конфігурації об'єкта або цільових завдань, і тим самим збереження безпечного режиму польоту [2]. Під параметричною реконфігурацією розуміють зміну коефіцієнтів (передатних чисел) зворотних зв'язків для відновлення заданих характеристик динамічної стійкості і керованості ПК в умовах раптового виникнення незначних пошкоджень його зовнішніх обводів. Структурна реконфігурація полягає в перерозподілі керувальних дій на справні органи механізації для створення необхідних керувальних сил і моментів, що забезпечують відновлення керованості та стійкості ПК в умовах виникнення аварійної ситуації у польоті. Реконфігурація об'єкта – зміна конфігурації ПК, тобто надання органам механізації додаткових невластивих у штатному режимі польоту функцій для запобігання розвитку катастрофічної ситуації або мінімізації її наслідків. Реконфігурація цілі керування – вибір оптимального варіанта польоту серед можливих альтернатив з урахуванням критичності пошкоджень зовнішніх обводів ПК. Наприклад, повернення на аеродром зльоту, пошук відповідного запасного аеродрому, а також оцінка можливості забезпечення аварійної посадки ПК на цьому аеродромі або пошук місця виконання екстреної посадки.

Як ключова особливість запропонованої концепції є те, що АСРК ПК розглядається як багатоконтурна система каскадної структури з трьома рівнями керування (рис. 2).

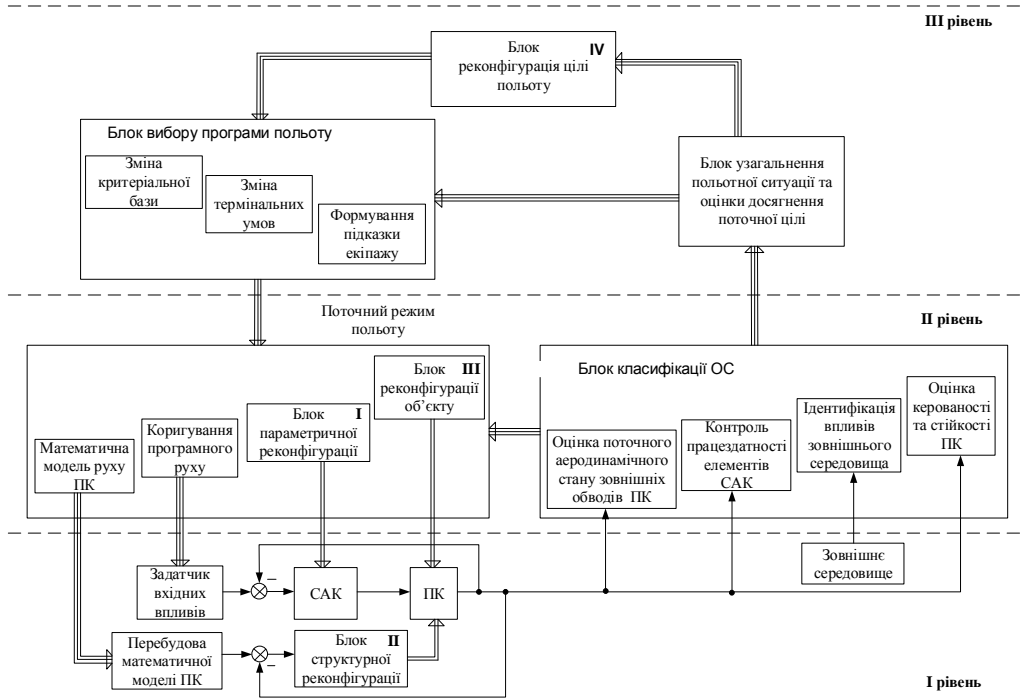


Рисунок 2 – Багаторівнева структурна схема АСРК

Відповідно до запропонованої структурної схеми у склад традиційної схеми керування ПК, яка утворює виконавчий (перший) рівень керування, уведено два типи зворотних зв'язків – для тактичного та стратегічного рівнів прийняття рішень, спрямованих на запобігання розвитку аварійної ситуації та переходу її в катастрофічну. Виконавчий рівень керування включає в себе: інформаційно-вимірювальну систему, блок забезпечення керування в автоматичному, директорному чи ручному режимах польоту, сервоприводи, а також різного призначення керувальні поверхні для створення необхідних сил і моментів. Другий рівень керування, надбудований над першим, необхідний для реалізації параметричної, структурної, об'єктної та цільової реконфігурації в умовах виникнення ОС у польоті. Цей рівень містить додаткові канали зв'язку між блоком класифікації ОС та вибору необхідних керувальних дій зі своїм функціональним призначенням. У разі виникнення пошкодження/відмови модуль виявлення та ідентифікації класифікує

пошкодження/відмову і формує команду на включення модуля реконфігурації. Модуль реконфігурації формує нові керувальні впливи для парирування, а в разі неможливості повного парирування впливу ОС – максимально можливе зниження його наслідків. Запропонована концепція дає змогу враховувати зміну льотних та аеродинамічних властивостей системи та адаптувати регулятор під кожну відмовну ситуацію (заздалегідь розрахованими законами керування), а також зберігати прийнятні динамічні властивості ПК (перехідні характеристики, стійкість і керованість) у випадку появи відмов і пошкоджень його зовнішнього обводу. Для адаптування регулятора під кожну можливу відмовну ситуацію у польоті, набору лінеаризованих моделей ПК у різних відмовних ситуаціях ставиться у відповідність набір матриць коефіцієнтів прямого та зворотного контурів, сформованих у вигляді матричної функції, структура якої закладається вже на етапі синтезу, як обмеження в задачі оптимізації.

Для збереження працездатного стану внутрішніх контурів САК ПК пропонується реконфігурувати вектор вимірювань таким чином, аби вплив помилок вимірювання, викликаних тією чи іншою відмовою інформаційних датчиків, звести до мінімуму, тобто [2]

$$\min r_i(k+1) = y_i(k+1) - C_i \bar{x}_i(k), i = 1, 2,$$

де $\bar{x}_i(k)$ – оцінка вектора стану $x(k)$ до вимірювання на $(k+1)$ -му кроці; $y(k+1)$ – вектор вимірювань, розмірності $(m \times l)$; C – матриця вихідних сигналів розмірності $(n \times m)$.

Основним елементом стратегії зміни конфігурації є система реконфігурації керування. Вона може приймати вихідну інформацію про існуючі раніше закони керування польотом неушкодженого ПК і перерозподіляти вихідні команди на справні органи для створення необхідних керувальних сил і моментів. Крім того, важливими елементами такої схеми є система виявлення і кваліфікації відмов та пошкоджень (СВКВП).

Висновки. Отже, запропонована концепція реконфігурації керування ПК в умовах виникнення ОС у польоті дає змогу зберегти прийнятні льотно-технічні характеристики ПК і забезпечити безпечно виконання польотного завдання. Уперше запропоновано концептуальні та теоретичні положення, а також методи автоматизації параметричної, структурної, об'єктної та цільової реконфігурації керування ПК, що забезпечують збереження заданого рівня БП в умовах виникнення раптових ОС у польоті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Энциклопедия безопасности авиации / Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М. Г. Луцкий // Под ред. Н.С. Кулика. – К.: Техніка, 2008. – 1000 с.
2. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті : монографія / В. М. Казак. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 284 с.
3. Shevchuk D. O. Fiber-optic intelligence systems for diagnostics contraction integrity of aircrafts / D. O. Shevchuk // Вісник Національного авіаційного університету. – 2010. – № 1(42). – С. 78–83.
4. Казак В. Н. Управление летательным аппаратом, получивши повреждение в полете / В. Н. Казак // Вісн. КМУЦА. – 2000. – № 3–4. – С. 85–89.
5. Шевчук Д. О. Активная отказоустойчивая система для сохранения управляемости и устойчивости самолета в неблагоприятных условиях полета / Д. О. Шевчук, М. А. Васильев, С. В. Бугрик, Ю. Я. Смеречинский // Вісник Інженерної академії України. – 2012. – № 3 – 4. – С. 42–45.
6. Казак В. М. Реконфігурація процесу термінального керування літальним апаратом в умовах виникнення особливої ситуації у польоті / В. М. Казак, Д. О. Шевчук., В. Г. Вовк, М. А. Васильев // XX Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика – 2013»: тези, 25–27 вересня. – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 238.

7. Eslinger R. A., Chandler P. R. Self-repairing flight control system program overview / R. A. Eslinger, P. R. Chandler // Proc. IEEE National Aerospace and Electronics Conf., 1988. – V. 2. – P. 504–511.

8. Fault Tolerant Flight Control / Christopher Edwards, Thomas Lombaerts, and Hafid Smaili. – 2010, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 546 p.

9. Патент Російської Федерації RU 2228885, МПК В64D45/00, G08B23/00, G05D1/08. Система защиты самолета от ошибочных или умышленных действий, приводящих к катастрофе / Л.М. Берестов, Е.Г. Харин, А.А. Кондратов, Л.Я. Мирошниченко, Ю.И. Калинин; Опубл. 20.07.2003.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОЛЯРИЗОВАННОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЕЛЕКЦИИ НАВИГАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ НАЛИЧИИ АТМОСФЕРНОГО ФОНА

Корбан Д.В.

*Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)*

Введение. До настоящего времени методы измерений амплитуд и фаз электромагнитных полей в практической судовой радиолокации достаточно хорошо изучены. Радиолокационные измерения, обработка их результатов и представление на индикаторах судовой РЛС или на дисплее компьютера, позволяют получить представления о природе источников излучения, об условиях распространения электромагнитных волн через среду и позволяют исследовать механизм их отражения и рассеяния.

Однако, амплитудные и фазовые параметры электромагнитного поля не могут дать исчерпывающей информации о свойствах отражающего объекта, поэтому наиболее полную информацию о структуре эхо-сигнала могут дать его поляризационные характеристики, а поляризационный анализ этих характеристик подразумевает одновременный анализ амплитуд и разностей фаз ортогональных компонент электромагнитного поля. Разработка методов и совершенствование судовой радиолокационной техники, в которой будет использован поляризационный анализ электромагнитной волны, отраженной от навигационных объектов и атмосферного фона (сложный объект), позволит повысить информативность радиолокационной информации.

Актуальность исследований. При проведении поляризационных измерений используются различные способы математического описания поляризации, каждый из которых удобен в том или ином конкретном случае. Рассматриваемое в работе поляризационное направление при осуществлении поляризационной селекции навигационных объектов в условиях атмосферного фона судовой РЛС является актуальным и перспективным, так как повышает безопасность судовождения в сложных атмосферных условиях.

Постановка задачи. Объекты, наблюдаемые судовой РЛС, за редким исключением представляют собой сложные объекты, особенно, если навигационный объект находится в зоне атмосферного образования (выпадающие осадки большой интенсивности). Эхо-сигналы от такого сложного объекта практически всегда частично поляризованы и могут быть разложены на два ортогонально поляризованных и полностью некогерентных между собой компонента с максимально различающимися интенсивностями.

Задачей исследования является обоснование возможности использования неполяризованного излучения, которое при взаимодействии со сложным объектом, частично поляризуется и используется при проведении радиолокационной селекции радиолокационных объектов судовой РЛС.

Результаты исследований. Рассмотрим облучение навигационного объекта, находящегося в зоне выпадающих осадков, неполяризованной волной, излучаемой антенной судовой РЛС. После взаимодействия неполяризованной волны с данным атмосферным образованием, электромагнитная волна, рассеянная суммарным объектом, будет частично эллиптически поляризованной и содержащей два полностью некогерентных между собой компонента ортогональных поляризаций с ортогональными ориентациями больших осей и взаимнообратными направлениями вращения, интенсивности которых максимально различаются. Мерой частичной поляризации эхо-сигнала сложного объекта может служить степень поляризации m [1]:

$$m = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (1)$$

где I_{\max} и I_{\min} - интенсивности ортогонально поляризованных компонент эхо-сигнала.

При отражении электромагнитной волны от сложного объекта частично эллиптически поляризованный эхо-сигнал содержит два полностью некогерентных между собой компонента ортогональных поляризаций с равными эксцентриситетами, ортогональными ориентациями больших осей и взаимобратными направлениями вращений.

Для описания рассеивающих свойств сложного объекта используется матричное представление, развитое Мюллером в виде матрицы 4x4, что позволяет вычислить результат взаимодействия неполяризованной волны со сложным объектом посредством правил умножения вектора Стокса на соответствующую матрицу Мюллера [2]. Формализм матрицы Мюллера основан на представлении состояния поляризации электромагнитной волны вектором Стокса, состоящим из четырех параметров (S_1, S_2, S_3, S_4) и представлении деполаризующей системы (навигационный объект + атмосферное образование) 4x4 матрицей Мюллера, состоящей из 16 действительных элементов $\alpha_{11} - \alpha_{44}$:

$$\begin{bmatrix} S_{1omp} \\ S_{2omp} \\ S_{3omp} \\ S_{4omp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & \alpha_{24} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} & \alpha_{34} \\ \alpha_{41} & \alpha_{42} & \alpha_{43} & \alpha_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_{1изл} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где $S_{1omp}, S_{2omp}, S_{3omp}, S_{4omp}$ – параметры Стокса, отраженной от сложного объекта электромагнитной волны;

$S_{1изл}$ – параметр Стокса, излученной антенной РЛС электромагнитной волны;

α_{mn} - действительные элементы матрицы Мюллера.

Сокращенный вариант уравнения (2) записывается в виде трех матриц и представляет собой основной закон преобразования вектора Стокса частично поляризованной волны, отраженной от сложного объекта:

$$[S_{omp}] = [\alpha_{mn}] \cdot [S_{изл}]. \quad (3)$$

Параметры Стокса выражаются через интенсивности электромагнитной волны в линейном и круговом базисах в виде:

$$\begin{aligned} S_1 &= I_x + I_y; \\ S_2 &= I_x - I_y; \\ S_3 &= I_{+\frac{\pi}{4}} - I_{-\frac{\pi}{4}}; \\ S_4 &= I_{КЛ} - I_{КП}. \end{aligned} \quad (4)$$

Параметры Стокса квазимонохроматической волны можно сгруппировать в вектор Стокса:

$$S = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Тогда для неполяризованной волны вектор Стокса принимает вид:

$$S = \begin{bmatrix} S_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Сложение частично эллиптически поляризованного эхо-сигнала сложного объекта с полностью неполяризованной волной, излучаемой антенной судовой РЛС, запишется в виде:

$$S_{\Sigma} = \begin{bmatrix} S_{1omp} \\ S_{2omp} \\ S_{3omp} \\ S_{4omp} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} S_{1u3l} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{1omp} + S_{1u3l} \\ S_{2omp} + 0 \\ S_{3omp} + 0 \\ S_{4omp} + 0 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Неполяризованная волна при отражении от сложного объекта поляризуется и становится частично эллиптически поляризованной и способна интерферировать с параллельным по поляризации компонентом исходной неполяризованной волны при их некогерентном сложении на входе приемной антенны судовой РЛС, образуя суммарный эхо-сигнал навигационного объекта. При этом ортогональный компонент исходной неполяризованной волны при некогерентном сложении с ортогональным компонентом отраженной частично поляризованной волны образует интерферирующий суммарный эхо-сигнал атмосферного объекта (выпадающих осадков).

Суммарный сигнал складываемых компонент в параллельном канале определяет поляризацию эхо-сигнала навигационного объекта, а в ортогональном канале поляризацию эхо-сигнала атмосферного образования.

При сложении эллиптически поляризованного эхо-сигнала сложного объекта с полностью неполяризованной волной, излучаемой антенной судовой РЛС, оба их ортогональных компонента независимо интерферируют с когерентным ему компонентом и результирующие поля некогерентно аддитивно складываются по интенсивности, образуя два параметра Стокса, один из которых характеризует эхо-сигнал навигационного объекта $S_{1н.об.}$, а другой – эхо-сигнал атмосферного образования $S_{1а.об.}$:

$$I_{\Sigma x} = E_{xomp}^2 \oplus E_{xuzl}^2 = S_{1н.об.}, \quad (8)$$

$$I_{\Sigma y} = E_{yomp}^2 \oplus E_{yuzl}^2 = S_{1а.об.}. \quad (9)$$

На выходе приемника судовой РЛС формируются параметры Стокса эхо-сигнала навигационного объекта и параметры Стокса атмосферного образования, по которым производится их раздельное радиолокационное наблюдение, и определяются параметры атмосферного образования (интенсивность выпадающих осадков, их фазовое состояние, занимаемая площадь, скорость их перемещения и расстояние до зоны осадков).

Выводы. Показана возможность использования действительных параметров Стокса для выделения из частично поляризованного эхо-сигнала сложного объекта, эхо-сигнала навигационного объекта, что позволяет производить его дистанционное наблюдение судовой РЛС в сложных условиях атмосферной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канарейкин Д.Б. Морская поляриметрия / Д.Б. Канарейкин, В.А. Потехин, Н.С. Шишкин. - Л.: Судостроение, 1968. – 328с.
2. Аззам Р. Эллипсометрия и поляризованный свет / Р. Аззам, М. Башара – М.: Мир, 1981. – 583 с.

MODEL OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES FOR FLIGHT DISPATCHERS

Lomakina M. YE., Surkova K.V.
Flight Academy of the National Aviation University
(Ukraine)

Introduction. High quality education is one of the most important factors in ensuring the graduates' competitiveness of higher educational institutions. Increasing the requirements for the quality of specialists' training determines the need for focused activities on the formation and development of professionally important qualities (PIQ), since the possession of a certain amount of professional knowledge, skills and abilities is no longer a sufficient condition for employing graduates - future flight dispatchers.

The requirements for employers are currently being formulated not only in the format of future employees' "knowledge". The modern labor market requires a high professional level of specialists, intellectual development, their critical, analytical thinking, and the ability to make the right decisions. All of these qualities, first of all, should be formed during training at the academy and constantly develop during further work. It is assumed that the graduate should be ready for analysis and resolution of various situations arising in professional activities, for self-improvement and self-realization.

The aim of the study is the development and grounding of the PIQ flight dispatchers' model.

Research results. For the quality performance of their professional duties and functions, the flight dispatcher must have professional reliability. It is provided by the following components: professional knowledge, skills and abilities, psychological readiness, as well as PIQ [1].

PIQs are individual dynamic personal traits, as well as physical qualities that meet the requirements for a person of a particular profession and contribute to the successful mastery of this profession [2].

PIQs are formed during the educational process under the influence of external conditions that can accelerate this process and make it more successful. Regardless of the specialization and nature of future professional activities, any young specialist should have fundamental knowledge, professional skills. By no means it is important to have the experience of creative, research and independent activity, which allows a future specialist to determine his position on a particular professional issue, problem.

The issue of the formation of the graduate-student educational program, related to the modern stage of scientific and technological progress, is one of the most important in the professional training system.

After analyzing the professional activities of flight dispatchers, we identified the main causes of erroneous actions. This is an insufficient level of professional knowledge, skills and abilities; low qualification of flight dispatchers; violation of prescribed procedures and operations; insufficient level of PIQ formation, etc.

To achieve this goal, the following tasks were solved: determination of the complex of the flight dispatchers' PIQ; finding methods for evaluating each professionally important quality; development of a unified scale for assessing the PIQ complex; preparation of materials for working with experts at an airline.

The flight dispatcher's PIQ is the personal traits that are designed to ensure successful mastery of the profession and high performance.

To determine the PIQ complex, we analyzed various sources of information: the flight dispatchers' professional activities, a dictionary of occupational titles of professions, scientific literature (Makarov R.N., Marishchuk V.L., Kolesnik N.E., Kuznetsov B.V. and others). As a result, we obtained a preliminary set of the flight dispatcher's PIQ: indicators of logical and

operational thinking, indicators of attention, indicators of memory, emotional stability, working capacity, independence, professional communication skills.

For the purpose of the mathematical description of the obtained parameters, test methods, questionnaires, expert judgment and other methods are used. To evaluate the PIQ complex, the following methods were selected: test “Establishing patterns”, test for mechanical understanding, Gorbov’s method “Red-black Table”, method “Short Term Memory”, Eysenck personality questionnaire, questionnaire “Level of Subjective Control”, test for independence, B. F. Ryakhovsky test.

In the course of the study, three expert surveys were conducted:

- V. N. Mashkov survey for the purpose of expressing the experts’ opinion on the determination of the qualities to be included in the flight dispatchers’ PIQ complex;
- an expert survey to determine the significance of the PIQ complex qualities (ranking method);
- method of expert assessments in order to determine the baseline (minimum required) PIQ level.

To justify the completeness and correctness of the proposed set of qualities, we have developed a questionnaire for an expert survey. The survey involved employees of Ukraine International Airlines and Windrose airlines (flight operations dispatchers, flight operations control center dispatchers, shift supervisors, flight support staff), whose work experience is from 6 months to 25 years.

The expert group consisted of 10 people, in accordance with the provision that the number of experts (n) should be not less than the number of ranking objects (m). Processing the results of the survey was carried out according to the method of expert identification of PIQ of V. N. Mashkov [3], which is based on the weighting of points given by each criterion, i.e. the opinion of an experts’ group is expressed by the arithmetic number. Since the average expert ratings lie within the conditions specified by the methodology, we can talk about the need for selected PIQs.

Thus, after processing the results of the expert survey, the final set of PIQ for flight dispatches was approved.

Experts believe that the most important PIQ for the effective implementation of professional tasks is emotional stability. This system of experts' priorities tells us about the development of what qualities are in the first place, and the teachers should pay attention to them in the process of the future flight dispatchers’ professional training.

Conclusions. It is assumed that the results of this study can be used:

- during entering - the school leaver will have an idea of what PIQ the flight dispatcher should have;
- during training - with the aim of forming the necessary PIQ;
- for employment - the graduate of the academy will be aware of the requirements for the candidate for the position.

A further area of research is the development of questionnaires to identify the level of development of the of future flight dispatchers’ PIQ complex (initial, basic), to develop the PIQ model and verify its adequacy, to determine the methods for the formation and correction of the PIQ.

REFERENCES

1. Makarov R. N., Nedelko S. N., Bamburkin A. P., Grigoretskiy V. A. *Aviatsionnaya pedagogika: Uchebnik*. Moskva-Kirovograd: MNAPCHAK, GLAU, 2005. 433 s.
2. Marischuk, V. L. *Psichologicheskie osnovyi formirovaniya professionalno znachimyih kachestv: avtoref... dis. d-ra psihol. nauk: 19.00.03 / Len. gos. un-t im. A. A. Zhdanova. L., 1982. 51 s.*
3. Mashkov, V. N. *Vvedenie v psichologiyu cheloveka*. SPb.: izd-vo Mihaylova V. A., 2003. S. 331.

ДИНАМІЧНЕ ПОЗИЦІЮВАННЯ ВІСІ БУРУ ЯКІРНОЮ СИСТЕМОЮ ПЛАТФОРМИ СПОСОБОМ НЕГАТИВНОГО ВЕКТОРУ ЗСУВУ

Мальцев А.С., Сурінов І.Л.

*Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)*

Вступ. При організації роботи процесу буріння судном свердловини, який позиціонує в заданій точці, головну увагу дослідника викликає високоточне визначення місця буру, включаючи використання геодезичних способів, та аналіз впливу коригування положення з боку зовнішніх чинників і їх відпрацювання судновою системою динамічного позиціонування (ДП). Вплив зовнішніх факторів специфічний і пов'язаний з наявністю на борту бурового обладнання [1]. В першу чергу до нього віднесемо бурову платформу, яка представляє надводне обладнання і бурову колону, яка представляє підводне обладнання. Перша змінює вітровий вплив на судно, друга викликає вплив течії.

Актуальність. При організації процесу компенсації зовнішніх впливів [2] існує два підходи: метод математичного моделювання; метод експертної оцінки. В першому випадку виконують оцінку параметрів стану системи для вибору режиму позиціонування до його початку, що дозволяє компенсувати зовнішні впливи. Однак приведений метод вимагає визначення параметрів зовнішніх впливів при їх зміні, та розрахунку величини зсуву для вибору режиму коригування. Це вимагає затрат часу для виконання розрахунків, в результаті чого дані запізнюються до моменту прийняття рішення по коригуванню. При використанні методу експертної оцінки визначають високоточними способами величину зсуву буру і оперативно формують команду на пристрої управління по величині зсуву без врахування параметрів зовнішніх впливів. Це значно прискорює прийняття рішення і підвищує швидкість процесу управління, що свідчить про актуальність розробки такого способу.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є розробка оперативного способу коригування величини зсуву бурової платформи при використанні якорів для позиціонування, методом експертної оцінки параметрів стану системи управління та вибору зусиль на якірні ланцюги для своєчасної компенсації дії зовнішніх впливів.

Результати досліджень. Робота судових систем динамічного позиціонування специфічна і не завжди прозора для судоводія. Досвід роботи з системою досягається не відразу і вимагає вдумливого аналізу експлуатаційних випадків, вивчення нормативних документів [3], що вимагають чіткого знання принципів організації компенсації впливу зовнішніх факторів, шляхом ручного чи автоматичного управління технічними засобами системи динамічного позиціонування.

В роботі [4] приведена методика розрахунку вітрових навантажень на надводну частину бурового судна, значення яких використовується для вибору коригуючих зусиль при виборі величини компенсаційних управляючих дій для утримання бурового пристрою в заданій позиції. Однак величина хвильових сил, яка діє на надводну частину не розглядається, що значно знижує точність отриманих результатів.

В роботі [5] приведено програмне забезпечення для оцінки параметрів стану системи та вибору режиму позиціонування методом математичного моделювання. Однак приведений метод вимагає визначення параметрів зовнішніх впливів, в результаті чого дані запізнюються до моменту прийняття рішення по коригуванню.

Запропоновано метод експертної оцінки величини зносу бурового судна щодо заданої позиції буріння, яка визначена високоточними геодезичними способами і вимір поточного положення бура шляхом перерахунку координат супутникової антени на вісь

бура [5]. Це дозволяє виключити необхідність розрахунку величини зміщення від вітру, хвилювання і течії і істотно підвищує швидкодію системи позиціонування.

Розглянемо схему розташування чотирьох-позиційного якорного пристрою, яка приведена на рис. 1.

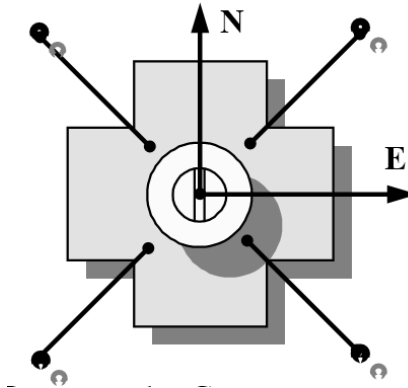


Рисунок 1 – Схема розташування якорної системи

Алгоритм динамічного позиціонування містить розробку оптимального методу оперативного визначення величини зміщення осі бура, під дією зовнішніх збурень, методом експертної оцінки і підвищення точності динамічного позиціонування. В залежності від розташування вісі буру і антени приймача супутникової антени, задані координати вісі буру визначаються геодезичними способами, а координати антени визначаються в диференційному режимі супутникової системи і приводяться до планового положення вісі буру [6]. Це дозволяє оперативно визначити вектор зсуву, та вибрати величину і напрям коригуючих сил, шляхом розкладу негативного вектору зсуву по величині і напрямку якорних сил.

Особливістю якорного пристрою в якості системи позиціонування заключається в тому, що якорний ланцюг займає форму математичної кривої – цепної лінії, з кінцевими точками в клюзі платформи і в точці дотику якорним ланцюгом ґрунту, як показано на рис.2.

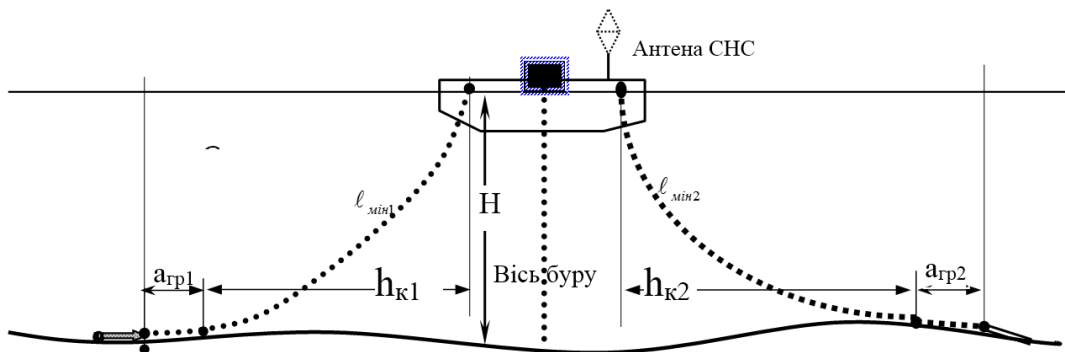


Рисунок 2 – Розташування якорного пристрою відносно платформи системи позиціонування

Характерними точками і лініями системи позиціонування будуть: $a_{гр1}$; $a_{гр2}$; $a_{гр3}$; $a_{гр4}$ – точки дотику якорного ланцюга до ґрунту та відстань від веретена якоря до точки дотику для кожного якоря; $l_{мін1}$, $l_{мін2}$, $l_{мін3}$, $l_{мін4}$ – мінімальна довжина якорного ланцюга, при якому веретено якоря лежить на ґрунті; H – глибина моря; $h_{к1}$, $h_{к2}$, $h_{к3}$, $h_{к4}$, – відстань по горизонталі від клюзу до точки дотику ланцюга до ґрунту.

В залежності від діючих горизонтальних сил і глибини моря існує мінімальна довжина якорного ланцюга $l_{мін}$, при якій веретено якоря розташовується горизонтально,

чим забезпечується максимальне використання тримаючої сили якоря. Її значення можна розрахувати по формулі:

$$\ell_{\min} = \sqrt{H^2 + 2 \cdot H \cdot P_{zc} / q \cdot \mu}, \quad (1)$$

де - P_{zc} сумарна дія зовнішніх сил на платформу; q - вага 1 п/м якорного ланцюга в воді; μ - коефіцієнт втрати ваги ланцюга в воді $\mu=0,87$.

З урахуванням рис.2 загальна довжина якорного ланцюга від веретена до клюзу $\ell_{я}$ буде дорівнювати:

$$\ell_{я} = \ell_{\min} + a_{гр} \quad (2)$$

Для полегшення роботи оператора по управлінню коригуванням відхилення бура і підвищення наочності процесу управління необхідно ввести в склад пульта управління індикатор, який зображає відхилення осі бура від геодезичних координат точки буріння.

Задане положення вісі буде знаходитися в центрі індикатора, з характерними колами, радіус яких буде дорівнювати наступним значенням: радіальній СКП похибки визначення положення осі бура M_0 ; допустимий люфт відхилення вісі бура M_L ; зсув за рахунок зовнішніх впливів $d_{доп}$, при якому буровий пристрій зберігає свою робочу здатність, як показано на рис.3.

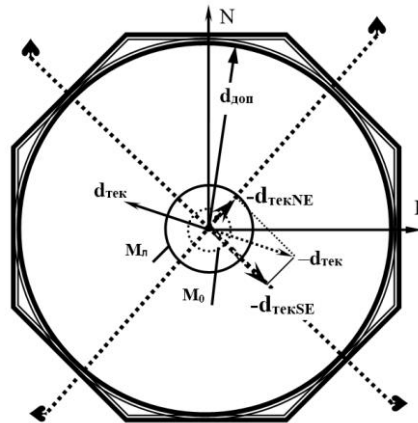


Рисунок 3 – Індикатор зсуву

При постійному контролі величини $d_{тек}$, якщо його значення досягає більше M_L , визначають величину вектору зсуву $d_{тек}$, в відповідному масштабі. Направляють його із центру із знаком мінус, та розкладають на напрямки найближчих якорних ліній, отримуючи складові $-d_{текNE}$ та $-d_{текSE}$, як показано на рис.3.

Негативний вектор зсуву $-d_{тек}$ показує напрям і величину дії сили компенсації зовнішніх збурень, а по кожному якорному пристрою визначає величину якорного ланцюга, який потрібно підібрати для видалення кожної складової.

Для перевірки роботи комп'ютерної програми приведемо розрахунок контрольного прикладу вручну, при значенні $d_{доп} = 10$ м, який виконано в роботі [2]. При знаходженні платформи в координатах $\varphi_{Г} = 20^{\circ}14,6000' S$, $\lambda_{Г} = 5^{\circ}22,7000' W$ отримали місце з використанням супутникової системи в диференційному режимі з радіальною СКП рівною $M_0 = \pm 1$ м, $M_L = \pm 1,2$ м і $\varphi_{ГБ} = 20^{\circ}14,605' S$, $\lambda_{ГБ} = 5^{\circ}22,703' W$.

Для визначення величини відхилення осі бура від потрібного положення необхідно визначити координати місця супутникової антени судна високоточними способами, використовуючи диференційний режим. При цьому точність повинна бути близькою до геодезичних способів. Після цього координати необхідно перерахувати на вісь бура. Розрахунки мають ту особливість, що обчислення відбуваються в районі понад малих

відстаней, які вимагають обчислення до десятитисячних доль хвилини. Цю вимогу необхідно виконувати для того, щоб зменшити обчислювальні похибки до мінімуму після округлення результатів. Оскільки $d_{\text{тек}} = 9,3 \text{ м} > M_0$ [2], то це означає, що відбулося недопустиме відхилення і коригування потрібно виконувати.

Висновки. Розроблений метод вибору параметрів для безпечного виконання динамічного позиціонування якірної системи бурового судна способами експертної оцінки негативного зсуву, відрізняються від відомих, які використовують математичне моделювання, тим, що відпадає необхідність виміряти параметри зовнішніх збурень та розраховувати їх величину. Подальші розрахунки вимагають часу, якого обмаль, в результаті втрачається оперативність та визначення команди на пристрої позиціонування запізнюється до моменту прийняття рішення.

Продовження дослідження заключається в необхідності підвищення точності визначення бічного зсуву осі бура, та адаптації характеристик системи позиціонування до алгоритму формування коригуючих зусиль при компенсації зовнішніх впливів.

Результати досліджень можуть застосовуватися при розробці нових навігаційних систем і при навчанні в морських навчальних закладах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hubert Fay. Dynamic Positioning Systems. Principles. Design and Applications. Editions OPHRYS. 1990.-189 p.
2. Мальцев А.С. Динамічне позиціонування судна при відхиленнях параметру управління, величина якого порівняна з похибками його визначення // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2020. – № 1 (20). – С. 44-54.
3. РД 51-10. – 98. Организация службы динамического позиционирования. РАО «Газпром». 2009. -182 с.
4. Барахта, А. В. Расчет ветровых нагрузок на буровую вышку бурового судна / А. В. Барахта, Ю. И. Юдин, С. В. Пашенцев // Эксплуатация морского транспорта. - 2010. - № 3 (61). - С. 40-42.
5. Оценка безопасности функционирования буровых судов на точке : св-во об офиц. рег. прогр. для ЭВМ № 2011610166. Рос. Федерация / С.В. Пашенцев, А.В. Барахта, А.Ю. Юдин; правообладатель ФГОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т".-№2011610166 ; зарег. 11.01.2011.
6. Мальцев С.Е. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity. Навигационное устройство пересчета координат спутниковой антенны судна на центр тяжести./ Мальцев С.Е., Мальцев А.С., Соколенко В.И.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 –Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С. 210 – 221.

ДО ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗУПИНКИ ГПТ, РОЗТАШОВАНОЇ ПЕРЕД РЕГУЛЬОВАНИМ ПЕРЕХРЕСТЯМ

Півторак Г.В., Булишин Н.А.

*Національний університет «Львівська політехніка»
(Україна)*

Вступ. Розширення використання громадського транспорту сприятиме забезпеченню відкритості, безпеки, життєстійкості та екологічної стійкості міст і населених пунктів - прописано в Глобальних Цілях Сталого Розвитку ООН, які адаптовані також і в Україні [1]. Розвиток системи міського громадського пасажирського транспорту (ГПТ), підвищення його якості і привабливості для пасажирів є дуже важливим позитивним чинником впливу на якість міського середовища загалом.

Актуальність теми. Зазвичай тривалість очікування на зупинці визначається за формулою [2]:

$$t_{оч} = \frac{I}{2}(1 + \sigma^2) + t_{доо} \quad (1)$$

де I - інтервал руху ТЗ на маршруті, хв;

σ - коефіцієнт варіації інтервалів руху;

$t_{доо}$ - додатковий час очікування, що виникає через відмови пасажирів у посадці.

Додатковий час розраховують, виходячи з ймовірності відмови пасажирів у посадці через наповненість транспортного засобу. Проте можливі також ситуації, коли пасажир підходить до зупинки в момент від'їзду ТЗ ГТ від неї. І, якщо зупинка ГТ знаходиться перед регульованим перехрестям і транспортний засіб зупиняється через ввімкнення заборонного сигналу світлофора, то, згідно проведених нами опитувань 40 пасажирів, 87% теж сприймають такі випадки як відмову в посадці.

Численні опитування підтверджують той факт, що час очікування на зупинці особливо негативно сприймається пасажирів, адже вважається втраченим [3]. Тривалість та спосіб проведення часу на зупинці громадського транспорту впливають на рівень роздратування пасажирів та загалом на сприйняття та навіть частоту використання громадського транспорту [4, 5]. При великих часах очікування частина пасажирів з відносно незначною тривалістю поїздки обере піше пересування чи інші альтернативні варіанти переміщення [2].

Постановка задачі. Метою даної роботи є оцінка витрат часу транспортного засобу ГПТ перед регульованим перехрестям, що розташоване відразу за зупинкою, та можливості зменшити тривалість очікування для частини пасажирів шляхом зсуву цього часу на додатковий простір на зупинці.

Результати досліджень. Для проведення натурних досліджень обрано три зупинки ГПТ у м. Львові, розташовані перед регульованими перехрестями. Дослідження проводилося в ранковий піковий період та в обідній час протягом однієї години в робочі дні тижня протягом жовтня-листопада 2019 р. Інформація про основні показники функціонування зупинок та перехресть подана в табл. 1.

Одна із зупинок є трамвайною (зупинка А), одна – автобусною (зупинка Б) і на зупинці В проходять автобусні та тролейбусні маршрути. Зупинка Б є найменш напруженою, зупинка В досить рівномірно завантажена, незалежно від періоду дня, що можна пояснити її розташуванням поряд з навчальним закладом, а на зупинці А пасажиропотік в піковий і міжпіковий періоди відрізняється практично вдвічі. Інтервали прибуття та середній час простою ТЗ на зупинці практично не відрізняється для пікових та міжпікових періодів.

Таблиця 1 – Основні показники функціонування досліджуваних зупинок та перехресть

Показник	зупинка А	зупинка Б	зупинка В
Кількість маршрутів, що проходять через зупинку:	2	5	10
Середня інтенсивність підходу пасажирів на зупинку (піковий/міжпіковий період), пас/год	75/40	21/20	228/230
Середня інтенсивність прибуття автобусів на зупинку (піковий/міжпіковий період), ТЗ/год	-	8/7	19/18
Середня інтенсивність прибуття тролейбусів на зупинку (піковий/міжпіковий період), ТЗ/год	-	-	9/9
Середня інтенсивність прибуття трамваїв на зупинку (піковий/міжпіковий період), ТЗ/год	17/17	-	0
Середній інтервал прибуття ТЗ ГТ на зупинку, хв	3,5	8	2
Середній інтервал прибуття ТЗ одного маршруту на зупинку, хв	6	17	7
Коефіцієнт варіації інтервалу руху, хв	0.4	0.3	0.3
Середній час простою ТЗ ГТ на зупинці, с	30	9	20
Кількість пасажирів, що здійснили посадку на зупинці (піковий/міжпіковий період), пас/год	79/37	18/21	214/220
Тривалість заборонного сигналу для напрямку руху ТЗ ГТ з досліджуваної зупинки через перехрестя, с	40	32	24

Зібрані під час обстеження дані щодо зупинок транспортних засобів ГТ перед перехрестям подано в табл. 2. Оскільки дані для пікових та міжпікових періодів відрізняються несуттєво, в таблиці подана усереднена інформація.

Таблиця 2 – Дані щодо простою транспортних засобів ГПТ перед перехрестям

Показник	зупинка А	зупинка Б	зупинка В
Кількість автобусів, що зупинилися перед перехрестям, ТЗ/год	-	8	7
Кількість тролейбусів, що зупинилися перед перехрестям, ТЗ/год	-	-	6
Кількість трамваїв, що зупинилися перед перехрестям, ТЗ/год	15	-	-
Загальна кількість ТЗ ГПТ, що зупинилися перед перехрестям, ТЗ/год	15	8	13
Сумарний простій автобусів перед перехрестям, с/год	-	169	107
Сумарний простій тролейбусів перед перехрестям, с/год	-	-	111
Сумарний простій трамваїв перед перехрестям, с/год	357	-	-
Сумарний простій ТЗ ГПТ перед перехрестям, с/год	357	169	218

Якщо аналізувати отримані дані, то бачимо, що більше 70% всіх транспортних засобів ГТ зупиняються перед перехрестям. Середня тривалість простою ТЗ ГТ через заборонний сигнал світлофора приблизно однакова для всіх перехресть і становить 20 с.

Середня тривалість очікування пасажирів, згідно проведених за формулою (1) розрахунків, становить 3,5 хв на зупинці А, 9,3 хв на зупинці Б та 3,8 хв на зупинці В. Відповідно, у випадку прибуття пасажирів на зупинку в момент від'їзду ТЗ його маршруту, час його очікування становитиме 7 хв, 18,6 хв та 7,6 хв відповідно.

Отримана регресійна модель залежності кількості відмов пасажирів в посадці через від'їзд ТЗ від зупинки з подальшим простоєм цього ТЗ перед перехрестям від інтенсивності прибуття пасажирів на зупинку та інтервалу руху ТЗ певного маршруту має вигляд:

$$N_e = 3,31 - 0,13 \cdot I_m + 0,04 \cdot N_{nac} \quad (2)$$

Коефіцієнт множинної кореляції становить 0,79.

Використовуючи усереднені дані для досліджуваних зупинок, на зупинці А таких пасажирів буде 6 в піковий період і 5 – в міжпіковий, на зупинці Б – 2 і на зупинці В – 12 пасажирів. Відповідно, сумарний час очікування цих пасажирів становитиме від 35 до 42 хв на зупинці А, 37,2 хв на зупинці Б та 87,6 хв на зупинці В.

Сумарну годинну тривалість очікування пасажирів на зупинці можна визначити як добуток годинної інтенсивності підходу пасажирів на зупинку та середньої тривалості очікування одного пасажирів. Для досліджуваних зупинок ці значення становитимуть 156 та 261 хв для зупинки А, 185 хв для зупинки Б та 877 хв для зупинки В.

Враховуючи, що у Львові більшість громадського транспорту працює з інтервалом 10 – 15 хв, на рис. 1 подано залежність годинної додаткової тривалості очікування пасажирів, які теоретично могли б здійснити посадку за час, який витрачається на простій ТЗ перед перехрестям, від інтенсивності прибуття пасажирів на зупинку.

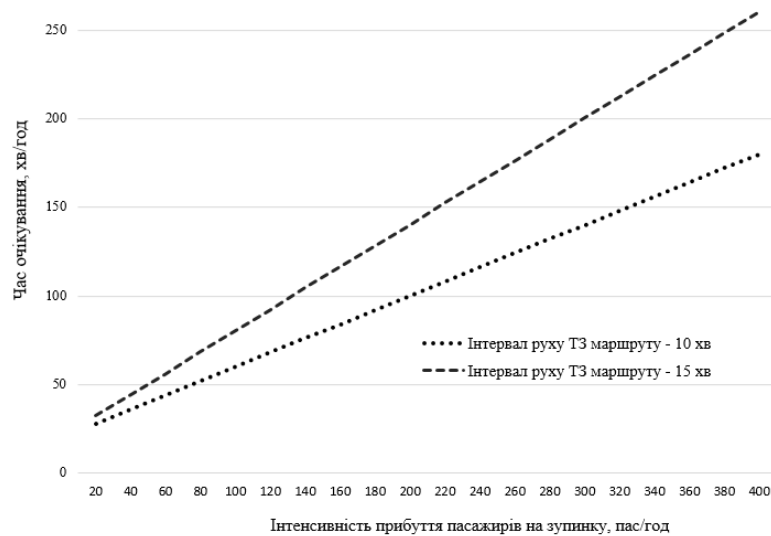


Рисунок 1 – Залежність тривалості очікування через додатковий простій від інтенсивності прибуття пасажирів на зупинку

Зі зростанням інтенсивності прибуття пасажирів на зупинку можлива економія часу очікування зростає, і більш різке зростання характерно для більших інтервалів роботи ТЗ на маршруті.

Такі заходи, як використання світлофорів з відліком часу на перехрестях, яким передує зупинка громадського транспорту [6], або інформування водія ТЗ при під'їзді до світлофора на певну відстань про цикл роботи світлофора [7], дозволять водію транспортного засобу краще оцінити ситуацію і уникнути непродуктивного простою на перехресті, що сприятиме покращенню рівня оцінки пасажирів громадського транспорту. Більший час простою на проміжних зупинках також позитивно вплине на емоційний стан водія [2]. Потрібно відзначити, що ці заходи можуть бути ефективними тільки для зупинок,

які розташовані достатньо близько до перехрестя (зокрема, для всіх розглядуваних зупинок відстань від зупинки до стоп-лінії не перевищувала 7 м)..

Висновки. На основі проведених анкетувань та натурних досліджень виявлено, що на зупинках, розташованих перед регульованими перехрестями, можна зменшити тривалість очікування для частини пасажирів шляхом зсуву часу простою перед перехрестям на додатковий простій на зупинці. Залежно від інтенсивності прибуття пасажирів на зупинку та інтервалу руху на маршруті, сумарна економія в часі може сягати кількох годин. Такі заходи мають не тільки економічний ефект, а й дозволять покращити якість роботи ГТ та його сприйняття пасажирями. Варто пам'ятати, що різні способи організації руху на перехресті, варіанти конфігурації перехресть чи зупинок ГПТ можуть по-різному впливати на ефективність запропонованих заходів – як сприяти зменшенню часу очікування для частини пасажирів, так і нівелювати позитивний ефект від такого зменшення у зв'язку з тим, що додатковий простій ТЗ ГТ на зупинці може перешкоджати руху загального транспортного потоку. Для дослідження впливу цих параметрів необхідні подальші дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Представництво Організації Об'єднаних Націй в Україні: Режим доступу: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>.
2. Давідіч Ю.О. Параметри автотранспортних технологічних процесів при перевезенні пасажирів: навч. посіб. /Ю.О. Давідіч, Є.І. Куш, М.В. Калюжний; – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 275 с.
3. П.Ф. Горбачов, О.В. Макарічев, О.В. Россолов, Є.В. Любий, В.М. Чижик. Аналітична оцінка мінімальних та максимальних витрат часу пасажирів на зупинці міського маршруту. Автомобільний транспорт, вып. 32, 2013. Ст. 67 – 71.
4. Nobuaki Ohmori, Takashi Omatsu, Shuichi Matsumoto, Kenji Okamura. Passengers' Waiting Behavior at Bus and Tram Stops. Sixth International Conference of Traffic and Transportation Studies Congress (ICTTS). August 5-7, 2008. Nanning, China.
5. Yanjie Ji, Liangpeng Gao, Yingling Fan, Chu Zhang & Ruochen Zhang. Waiting time perceptions at bus and metro stations in Nanjing, China: the importance of station amenities, trip contexts, and passenger characteristics, Transportation Letters, Volume 11, Issue 9, 2019, P. 479-485.
6. Півторак Г., Булишин Н. Оцінка додаткових витрат часу маршрутних транспортних засобів перед регульованими перехрестями // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: збірник тез Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції, (Рівне, 28–29 листопада 2019 року). – 2019. – С. 68–69.
7. Кравченко О., Чуйко С. Вдосконалення руху маршрутного автобуса у міських транспортних системах / III Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання»: тези доповідей, 28 – 30 березня 2019 року – Львів, НУ «ЛП», ст. 7 – 8.

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ КАЧКИ ДИНАМІЧНО-ПОЗИЦІОНУЄМОЇ БАРЖІ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Піпченко О.Д.

*ІПО ЦПАП НУ «Одеська морська академія»
(Україна)*

Вступ. Технічні опорні баржі (jack-up maintenance barge, рис. 2) широко використовуються в нафтогазовій індустрії для виконання ряду робіт з ремонту та обслуговування елементів інфраструктури. Дані баржі мають невелику осадку, обладнані системою динамічного позиціонування і працюють з кранами великої вантажопідйомності. Крім цього, вони можуть фіксуватися на ґрунті на наявних опорах [2].

Постановка задачі. Математичне моделювання остійності і хитавиці такого роду об'єктів необхідно для оцінки роботи системи динамічного позиціонування, оцінки безпеки судна на час транзиту, а також вантажопідіймальних операцій без постановки на опори.

Результати досліджень. З метою визначення можливості проведення оцінки остійності баржі, а також навчання персоналу суден було виконано наступне:

- розроблена математична модель хитавиці в реальному часі, ґрунтуючись на дослідженнях [3] і [5];
- розроблена тривимірна модель технічної опорної баржі (рис. 2), включаючи також моделі танків і вантажів (рис.3);
- розроблено і візуалізовано поверхню моря.

Математичною моделлю хитавиці качки судна є модель динаміки твердого тіла на межі поділу двох середовищ. Всі зовнішні сили і моменти, як показано на рис. 1, можуть бути розбиті на три основні категорії:

- гідродинамічні сили і моменти на корпусі, що виникають в результаті взаємодії з потоком рідини, включаючи сили ваги і плавучості;
- сили і моменти, обумовлені вітро-хвильовими збуреннями, які з'являються в результаті впливів течій, морського хвилювання і вітру;
- керуючі сили і моменти, створювані засобами управління судном.

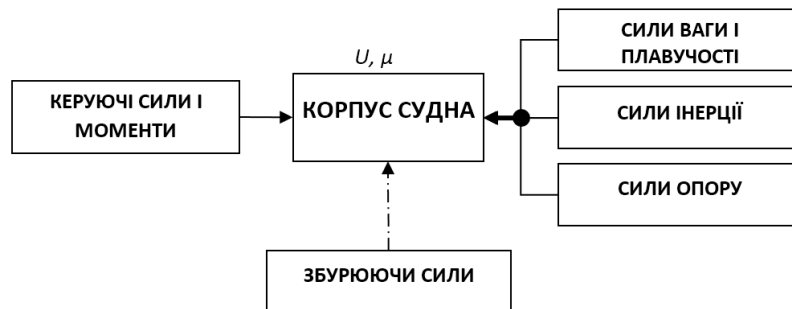


Рисунок 1 – Схема сил, що діють на судно

У загальному випадку в матричній формі модель динаміки судна має вигляд [1]:

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v + g(\eta) = \tau_w + \tau_c,$$

де M – матриця інерції системи (включаючи приєднані маси); $C(v)$ – узагальнена доцентрова матриця Коріоліса (включаючи приєднані маси); $D(v)$ – матриця тертя; $g(\eta)$ – вектор сил і моментів ваги і плавучості; τ_c – вектор керуючих впливів; τ_w – вектор зовнішніх впливів; $v = [u, v, w, p, q, r]^T$ – матриця лінійних і кутових швидкостей судна; $\eta = [x_n, y_n, z_n, \varphi, \theta, \psi]^T$ – матриця позиції і орієнтації судна.

Моделювання поведінки судна на хвилюванні, в основному, проводиться в частотному діапазоні методом плоских перетинів, з оцінкою параметрів хитавиці за

допомогою амплітудно-частотних характеристик [2, 4]. Однак, цей підхід не пристосований до процесу навчання в реальному часі, крім того, ряд динамічних явищ, пов'язаних з вантажопідйомними операціями і утриманням судна в позиції більш доцільно моделювати в тимчасовому діапазоні.

В роботі [3] наведено метод визначення змінної остійності судна на профілі регулярного хвилювання. Якщо поверхню хвилювання аналітично задано, і висота хвилі може бути визначена в будь-якій довільній точці, то згаданий метод може також застосовуватися для випадку нерегулярного хвилювання. Плавучість судна, таким чином, визначається за допомогою взаємодії пари сил: тяжіння і підтримки води. Для того щоб визначити результуючі силу і момент, утворені взаємодіючими силами ваги і плавучості необхідно знати положення центру мас баржі і положення центру об'єму зануреної частини корпусу.

Центр об'єму можна знайти шляхом визначення статичних моментів для кожного перетину [4], попередньо визначивши занурену частину контуру перетину градієнтним методом, наведеним у роботі [5]:

$$x_{CB} = M_{yz} / V; \quad y_{CB} = M_{xz} / V; \quad z_{CB} = M_{xy} / V;$$

$$V = \int_{-L/2}^{L/2} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} (y^R - y^L) \cdot dz \cdot dx;$$

$$M_{yz} = \int_{-L/2}^{L/2} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} (y^R - y^L) \cdot x \cdot dz \cdot dx;$$

$$M_{xz} = \frac{1}{2} \int_{-L/2}^{L/2} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} ((y^R)^2 - (y^L)^2) \cdot dz \cdot dx;$$

$$M_{xy} = \int_{-L/2}^{L/2} \int_{z_{\min}}^{z_{\max}} (y^R - y^L) \cdot z \cdot dz \cdot dx,$$

где y^R и y^L – ординати правого і лівого бортів відповідного перетину; СВ (x_{CB} , y_{CB} , z_{CB}) – центр об'єму зануреної частини корпусу.

На рис. 2 наведено фрагмент симулятора остійності баржі на хвилюванні з застосуванням вищеописаного алгоритму. Розроблена програма дозволяє змоделювати вантажні та баластні операції, затоплення, спливання, перекидання і качку на хвилюванні.



Рисунок 2 – Баржа на хвилюванні: основний вид

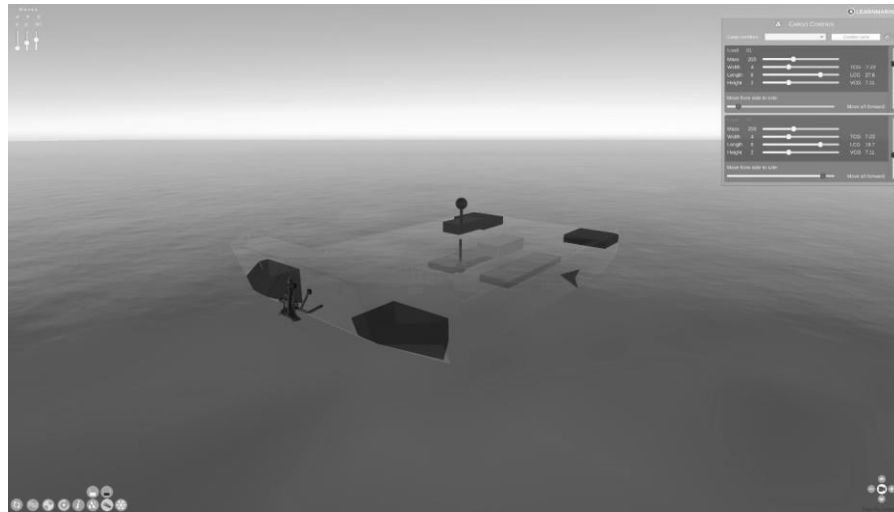


Рисунок 3 – Баржа на хвилюванні: вид «прозорий корпус»

Висновки. Отриманий в результаті роботи симулятор динамічної остійності баржі дозволяє промодельовувати ряд важливих ситуацій, необхідних для підготовки фахівців, таких як: оптимізація мореплавства баржі, підготовка до постановки на опори, операції з великогабаритними вантажами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fossen T. I. Marine Control Systems. Guidance, Navigation and Control of Ships, Rigs and Underwater Vehicles / T. I. Fossen– Marine Cybernetics, Trondheim, Norway, 2002 – 570 p.
2. Journée J.M.J. Offshore Hydromechanics / J.M.J. Journée, W.W. Massie– Delft University of Technology, 2001. – 570 p.
3. Pipchenko A. D. On the method of calculation of ship's transverse stability in regular waves / A. D. Pipchenko // Ships and offshore structures journal. Vol.4 <http://www.informaworld.com/>, Issue 1, Mar 2009. – pp. 9 – 18.
4. Справочник по теории корабля. В трех томах / [под ред. Я.И. Войткунского] – Л.: Судостроение, 1985.
5. Пипченко А. Д. Оптимизация управления движением судна в штормовых условиях. / А. Д. Пипченко // LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017 – 216 с.

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОМПЛЕКСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Худяков І.В., Грицик І.В., Погорлецький Д.С., Черненко В.В., Манжелей В.С.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Постановка проблеми. Надійне та довгострокове функціонування технічної інфраструктури сучасного суспільства визначає основні показники його життєдіяльності й добробуту та, у значній мірі, пов'язане з еколого-економічними характеристиками, такими, як вплив на навколишнє середовище, питоме використання енергоносіїв, витрати на створення, експлуатацію, ремонт та регенерацію машин та їх елементів.

Поступовий розвиток нових видів перевезень призвів до збільшення часу перебування рухомого складу далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищилась роль профілактичного ТО автомобілів. Тому створення гнучкої «адаптивної» системи контролю та управління технічним станом автомобіля, з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного автомобіля, стало першочерговим завданням.

Під адаптивною системою ТО і Р автомобілів розуміється система, яка завдяки зміні своєї структури і значень параметрів, може пристосовуватися до зміни внутрішніх і зовнішніх умов. Рівень, якого досягла сучасна технічна діагностика (ТД), дозволяє при технічній експлуатації автомобілів реалізувати практично будь-які завдання щодо виявлення та прогнозування параметрів технічного стану автомобілів [1-3].

ТО і Р умовно називають індивідуальним технічним обслуговуванням (ІТО). Вид робіт в цьому випадку призначають на основі індивідуальних діагностичних даних.

У зв'язку із застосуванням на автомобілях складних високоефективних електронних систем управління, вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних технологій, з'явилася можливість не тільки контролювати географічне положення ТЗ і здійснювати зв'язок з диспетчером підприємств АТ, але і здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану автомобіля, що цілком дозволяє реалізувати практично будь-які завдання по виявленню та прогнозуванню технічного стану автомобіля.

Наявна система ТО і ремонту сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури:

Це, в свою чергу, дозволить перейти до індивідуальної (адаптивної) системі ТО і Р автомобілів [4, 5].

В адаптивній системі прогнозування може проводитися на підставі результатів обробки діагностичної інформації відповідно до схеми прогнозування та управлінням технічним станом автомобіля із застосуванням АСУ[6, 7].

Основні результати дослідження. В даному випадку інформацією про зміну технічного стану автомобіля є значення параметрів, які використовуються для прогнозування. Це календарні дати і значення напрацювання автомобіля, які відповідають зафіксованим значенням параметрів, а також інша інформація, яка знаходиться в центрі діагностування і отримана на основі комп'ютеризованих засобів діагностики. Вся ця інформація передається АСУ для обробки і це є основою формування масиву нормативно-довідкової і діагностичної інформації, необхідної для організації процесу прогнозування. Саме тому застосовують для ТЕА спеціально розроблені програмні засоби.

Основою автоматизованої адаптивної системи є база даних про автомобіль. Вона являє систему взаємопов'язаних таблиць. У ній розміщується інформація різного роду і

тому вона базується на системі управління базами даних – Microsoft Access, що забезпечує відносно просте створення і коригування бази даних.

Технічне забезпечення сучасної системи прогнозування становить діагностичне обладнання, що застосовується в центрі діагностування, а також обчислювальні засоби АСУ технічним станом автомобілів.

Перший етап моніторингу транспортного засобу - це оцінка ефективності транспортного засобу для стандартних циклів руху. Це дає можливість оцінити ефективність деяких засобів для поліпшення паливної економічності і екологічності транспортного засобу рухових установок відповідно до конкретних умов експлуатації транспортного засобу. Математична модель системи «двигун-каталітичний нейтралізатор» використовується для цієї мети. Математична модель заснована на методі балансу обсягу. Модель дозволяє визначити економію палива, потужність двигуна і екологічні характеристики відповідно до його конструктивних параметрів, режиму роботи, типу палива і параметрів навколишнього середовища. Вхідні дані для моделювання є фактичні дані операції двигуна, отримані з циліндра датчика тиску; параметри двигуна в стаціонарних режимах роботи, отриманих в лабораторних експериментах; системні дані бортової діагностики (БД) для відповідних режимів руху транспортного засобу. Набір даних в циліндрі робочих параметрів тіла, економія палива, потужність двигуна і екологічні характеристики в режимах роботи, відповідно до режимів руху транспортного засобу в циклі руху, визначаються під час моделювання. Економія автомобільного палива та екологічні показники в циклі водіння наведені як результати моделювання.

Другий етап моніторингу транспортних засобів є оцінка безпеки навколишнього середовища, коли транспортний засіб знаходиться в русі на реальному маршруті. Це можливо за допомогою OBD даних і поточних параметрів розташування транспортного засобу на основі системи глобального позиціонування (GPS даних). Набори даних реальних характеристик маршруту транспортного засобу визначаються відповідно до поточних даних про місцезнаходження транспортного засобу. Це є основою для визначення реальних сил опору руху транспортного засобу по маршруту. Використовуючи математичну модель системи «дорожній транспортний засіб», екологічна безпека оцінюється, коли транспортний засіб знаходиться в русі за певним маршрутом.

В цілому виконаний аналіз існування і створення адаптивних систем ТО і Р дозволяє підкреслити актуальність питання інформаційного забезпечення прогресивних систем ТО і Р.

Висновки. Розвиток інформаційного забезпечення автотранспортних процесів є, поперше, умовою переходу автомобільного транспорту до автоматизованого управління технічним станом автомобілів на підставі гнучких «адаптивних» автоматизованих систем з індивідуальною корекцією періодичності та обсягів технічного обслуговування.

Моніторинг якості руху і технічного стану транспортних засобів дає можливість технічній службі отримувати інформацію про залишкову працездатність транспортних засобів і своєчасно здійснювати профілактичні впливи на основі їх параметрів технічного стану. Для диспетчера (суб'єкта управління) випереджаюча діагностика ТЗ є однією з технологій попередження втрат часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
2. Організація баз даних: практичний курс : Навч. посіб. для студ. / А. Ю. Берко, О. М. Верес; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». - Л., 2003. - 149 с.

3. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. –К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. – 400 с.
4. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Кузнецов Е.С. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
5. Зарубкин В.А. Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в АТП / В.А. Зарубкин – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1976. – 126 с.
6. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – №64 (970). – С. 36–42.
7. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., “Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator,” SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.

УСЛОВИЕ ДОСТУПНОСТИ К ПАРТИЯМ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ИХ ВЫГРУЗКИ

Цымбал М.Н.

*Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)*

Введение. Загрузка морских судов определяющим образом влияет на обеспечение их мореходной безопасности. Размещение груза на судах разного типа имеет свои особенности. При загрузке контейнеровоза с последующей разгрузкой в нескольких портах размещение груза следует производить с учетом последовательности портов выгрузки, обеспечивая свободный доступ к необходимым партиям груза, а также учитывать, что промежуточные состояния загрузки должны отвечать требованиям мореходности судна и возникающие силы инерции находятся в допустимых пределах.

В настоящем докладе рассматриваются вопросы размещения партий груза, при котором обеспечивается доступ к необходимым партиям для их выгрузки.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Статья [1] посвящена оптимизации загрузки судна тарно-штучными грузами, а в публикации [2] предложено формирование оптимального тензора загрузки контейнеровоза. Формирование оптимальной загрузки навалочных судов рассмотрено в работе [3].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является выявление условия доступности к необходимым партиям контейнеров для их выгрузки.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Рассмотрим особенности размещения партий контейнеров по грузовым помещениям, которые обеспечивают доступ к необходимым партиям в порту их выгрузки. Отметим, что условие доступности связано с последовательностью размещения партий контейнеров в грузовых помещениях, причем доступность существенна, если в грузовом помещении находятся контейнеры, которые принадлежат разным партиям.

Случай, когда загрузка производится в одном порту и обеспечивается доступность всех партий, рассмотрен в работе [4]. В дальнейшем будем рассматривать прием партий груза в нескольких портах, причем в каждом порту возможен прием партий груза для нескольких портов назначения не более одной партии для каждого порта.

Отметим, что доступность к партиям контейнеров соблюдается в следующих случаях.

Во-первых, когда в грузовом помещении находятся контейнеры одной партии, или партии груза загруженные в разных портах, но имеющие один и тот же порт выгрузки.

Во-вторых, если в грузовом помещении находятся несколько партий, то в случае их расположения друг над другом у верхней партии порт выгрузки должен быть раньше, чем у нижней партии, при этом между партиями существует допустимая горизонтальная граница разделения. Указанный случай расположения партий в грузовом помещении показан на рис.1. На рисунке обозначения $n-1$, n и $n+1$ указывают на очередность выгрузки партий контейнеров. В приведенном примере доступность выгрузки партий контейнеров является очевидной.

Также партии контейнеров являются доступными к выгрузке в случае, если в грузовом помещении находится несколько партий контейнеров, каждая из которых занимает часть трюма и не перекрывается сверху другой партией. В этом случае имеется вертикальная граница разделения, как показано на рис. 2 между партиями c , a и a , b .

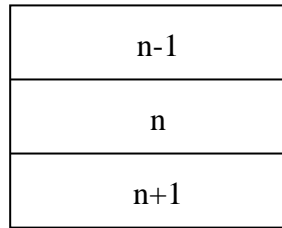


Рисунок 1 – Партии контейнеров с допустимой горизонтальной границей разделения

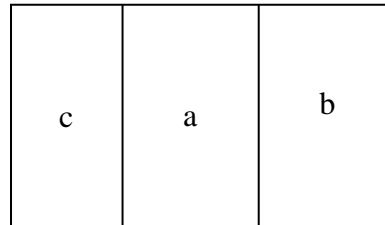


Рисунок 2 – Допустимая вертикальная граница разделения партий контейнеров

Для расположения двух партий контейнеров в грузовом помещении доступность к ним ($d=1$) формально выражается следующим образом:

$$(P_m^n, P_s^f)_{d=1} = \begin{cases} P_m^n \rightarrow P_s^f, & n \geq f \\ P_m^n \uparrow P_s^f \end{cases},$$

где \rightarrow и \uparrow - соответственно обозначения горизонтальной и вертикальной допустимых границ разделения партий.

В случае, когда в грузовом помещении находится несколько партий контейнеров, адресованные в разные порты выгрузки, то их доступность для выгрузки возможна, если обеспечена доступность всех смежных пар партий, т. е. имеющих вертикальную или горизонтальную границу разделения.

На рис. 3 смежными партиями контейнеров являются:

$$(1 \uparrow 2), (1 \rightarrow 4), (2 \rightarrow 4), (2 \uparrow 3), (2 \uparrow 5), (4 \uparrow 5), (3 \rightarrow 5), (4 \rightarrow 6), (4 \rightarrow 7), (6 \uparrow 7), (6 \rightarrow 8), (7 \rightarrow 8).$$

Если номера партий в приведенном примере соответствуют номерам очередности их выгрузки, то доступность всех партий контейнеров, находящихся в грузовом помещении, обеспечена.

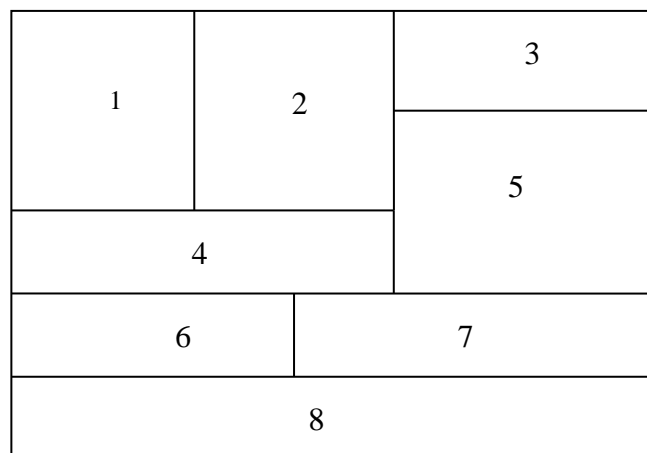


Рисунок 3 – Смежные партии контейнеров

Условие загрузки, обеспечивающее требование доступности к необходимым партиям контейнеров, заключается в том, что принимаемые в s -м порту партии контейнеров назначением дальше, чем в $s+1$ -й порт, не должны перекрывать партии, которые выгружаются раньше. Также возможна загрузка в пустое грузовое помещение или с вертикальной смежной границей, причем сформулированное условие загрузки можно формально записать в следующем виде:

$$P_s^{j>s+1} \rightarrow P_{i<s}^{j>s+2}, \text{ или } P_s^{j>s} \uparrow P_{i<s}^{j>s}.$$

Зная последовательность загрузки и выгрузки партий в портах в течение рейса, можно размещать партии при загрузке таким образом, чтобы своевременной выгрузкой обеспечить при загрузке партий в промежуточных портах их доступность в портах назначения.

Рассматривая вопрос о доступности к партиям контейнеров, целесообразно начинать анализ из последней загрузки G_{N-1} , состоящей из партии контейнеров, адресованных в последний порт. Допустим, в состав последней загрузки входят партии контейнеров P_{s1}^N , P_{s2}^N , ..., P_{sM}^N . Причем номера портов соответствуют очередности захода в них. Раньше всех происходит загрузка партии P_{s1}^N , под эту партию должно быть выделено свободное помещение или помещение с вертикальной разделительной границей.

Если помещения под партию P_{s1}^N обозначить H_{s1}^N , то эти помещения должны быть пустые в порту $s1$. Если порт $s1$ не является первым, то помещения H_{s1}^N , будучи ранее загруженными другими партиями, должны освободиться к моменту загрузки партии P_{s1}^N (вариант 1) или быть свободными с начала рейса (вариант 2). Вариант 1 возможен, если до порта $s1$ имеется порт выгрузки p , причем $s1 \geq p$. Если же первый порт выгрузки $p1$ находится после порта $s1$, т. е. $s1 < p1$, то имеет место вариант 2.

Выводы. В докладе рассмотрены варианты загрузки партий контейнеров, обеспечивающие доступность их выгрузки в портах назначения, и получено условие доступности к необходимым партиям контейнеров для их выгрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чепок А.О. Оптимизация загрузки судна тарно-штучными грузами в автоматизированных системах / Чепок А.О. // Проблемы техники: Научно-производственный журнал / ОНМУ, ХНУ – 2013. – № 4. – Одесса: Одесский национальный морской университет, 2013. – С. 44–51.
2. Власенко Е.А. Допустимая загрузка контейнеровоза/ Власенко Е.А.// Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V1(22), Issue: 186, 2018.- С. 82 - 86.
3. Цымбал Н.Н., Васьков Ю.Ю. Формирование оптимизационной задачи проведения грузовых операций навалочных судов // Судовождение. – 2004. - № 7. – С. 3 – 10.
4. Власенко Е.А. Имитационное моделирование загрузки контейнеровоза. / Власенко Е.А., Калиниченко Е.В., Цымбал М.Н. // Austria - science, Issue: 26, 2019.- С. 43 - 49.

ПЕРЕДАЧА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В УКВ РАДИОТЕЛЕФОНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS СИНХРОНИЗАЦИИ

Шишкин А.В., Рябошапка И.В.

*Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)*

Введение. В УКВ морской радиотелефонии используется класс излучения F3E/G3E – аналоговая частотная/фазовая модуляция несущей частоты. В соответствии с правилами радиосвязи идентификация передающей станции осуществляется голосом путем передачи названия судна, позывного сигнала, идентификатора цифрового избирательного вызова. Может использоваться также передача GPS координат судна. Голосовая идентификация требует достаточно продолжительного времени, может быть задержана или отсутствовать вообще по субъективным причинам человеческого фактора.

Современная технология цифровых водяных знаков (ЦВЗ) [1] позволяет незаметным образом передавать дополнительную цифровую информацию в составе звукового сигнала без привлечения дополнительных частотных и временных ресурсов радиоканала и без замены штатного оборудования радиосвязи [2, 3].

В работе [4] предложено встраивать дополнительную информацию в коэффициенты дискретного преобразования Фурье (ДПФ) и распределять энергию одного бита информации в узкополосных каналах, как это делается, в технологии ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM) для повышения помехоустойчивости к межсимвольным искажениям. При этом установлено, что основной проблемой, сдерживающей техническую он-лайн реализацию метода, является обеспечение синхронизации фреймов звукового сигнала с ЦВЗ.

Целью работы является обоснование возможности применения модуля GPS для синхронизации ЦВЗ фреймов и реализация он-лайн обработки в УКВ трансивере на базе микроконтроллера STM32F429.

Алгоритм встраивания информации. Принцип встраивания информации и синхронизации ЦВЗ фреймов иллюстрирован структурной схемой устройства на рисунке 1. Низкочастотный сигнал с ЦВЗ с незначительной задержкой (примерно 64 мс) подается на стандартный УКВ трансивер. Синхронизация передаваемых и принимаемых фреймов осуществляется модулем GPS с функцией формирования сигналов точного времени.

В разработанном алгоритме используется так называемый информированный кодер, который для встраивания данных модифицирует звуковой сигнал незаметно для слухового восприятия с учетом самого сигнала-носителя и значения бита данных. Для встраивания информации звуковой сигнал оцифруется частотой дискретизации $f_s = 8192$ Гц. В каждый фрейм из $N = 256$ отсчетов встраивается один бит данных по алгоритму, приведенному в таблице 1 при следующих обозначениях:

x, s - отсчеты исходного и модифицированного сигналов соответственно во временной области;

$X' = (X_B, X_{B+1}, \dots, X_{B+L-1})$ - выборка амплитуд L частотных коэффициентов ДПФ, начиная с индекса B ;

ρ - значение порога;

$d = \pm 1$ - бит данных;

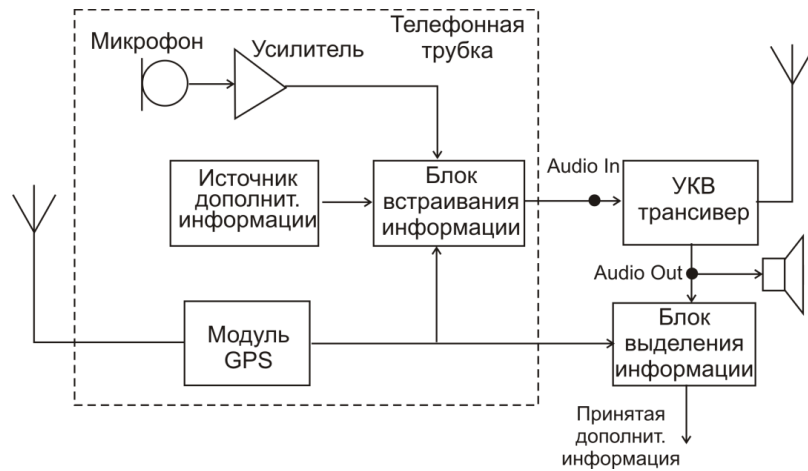


Рисунок 1 – Структурная схема устройства с GPS синхронизацией для передачи/приема дополнительной информации в звуковом сигнале

$x_1 = \sum X_{\text{odd}}$, $x_2 = \sum X_{\text{even}}$ - сума нечетных (odd) и четных (even) элементов выборки X' соответственно.

Таблица 1 – Алгоритм встраивания бита информации

Шаг	Операция	Пояснение
1	$X = F_N(x)$, X'	Вычисление ДПФ исходной последовательности x и формирование выборки X' наиболее значимых коэффициентов спектра
2	Если $x_1 - x_2 \geq \rho d$ $s = x$	Модификация x не требуется
3	Иначе:	Требуется модификация
4	$M = \frac{\rho d}{2x_1} + \sqrt{\left(\frac{\rho}{2x_1}\right)^2 + \frac{x_2}{x_1}}$	Вычисление коэффициента $M \in \mathbb{R}$.
5	$S' = MX_{\text{odd}} + M^{-1}X_{\text{even}}$	Вычисление выборки S' модифицированных частотных коэффициентов. При этом изменяются амплитуды частотных коэффициентов; фазы сохраняются неизменными
6	$s = F_N^{-1}(S)$	Вычисление обратного ДПФ

Идея алгоритма заключается в модуляции скалярного произведения вектора выборки X' и некоторого двоичного вектора $u : u_i = \pm 1, i = \overline{1, L}$. Полагаем, что звуковой пакет содержит бит d , если скалярное произведение $(X', u) \geq \rho d$. Если изначально это условие не выполняется, то амплитуды гармоник следует скорректировать так, чтобы выполнялось равенство $(S', u) = \rho d$. Это достигается путем умножения амплитуд выборки x_+ , соответствующих положительным значениям вектора u ($u_i = 1$), на некоторый коэффициент M и деления оставшейся части амплитуд x_- на этот же коэффициент. Коэффициент M находим из уравнения $M\{x_+\} - M^{-1}\{x_-\} = \rho d$, где $\{x_+\}, \{x_-\}$ - элементы выборки X' , соответствующие положительным и отрицательным координатам вектора u соответственно. Экспериментально установлено, что вектор вида $u = (1, -1, 1, -1, 1, \dots, -1)$

позволяет получить меньшее слуховое восприятие вносимых искажений звукового сигнала ввиду сохранения общего баланса амплитуд смежных гармоник.

Выделение данных в приемнике осуществляется путем вычисления выборки Y' амплитуд ДПФ принятого пакета и сравнения скалярного произведения (Y', u) с нулем.

Синхронизация обработки фреймов производится сигналом единого времени модуля GPS.

Аппаратная реализация алгоритма. Для аппаратной реализации алгоритма использована отладочная плата Discovery с процессором STM32F429 и модуль приемника GPS типа NEO-6M. Модуль NEO-6T сконфигурирован на выдачу импульсов с частотой повторения фреймов 32Гц. Частота работы процессора задаётся кварцевым резонатором на 8МГц. Эта частота с помощью внутренних блоков фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) умножается до 84МГц и подаётся на счетчики-делители. Для получения точного значения частоты дискретизации 8192Гц работа счётчиков синхронизируется частотой 32Гц от модуля GPS. Поэтому частоты дискретизации в приемнике и передатчике привязаны к единому времени и временная ошибка синхронизации фреймов определяется только задержкой сигнала в эфире.

Входной аналоговый сигнал подаётся на 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) процессора и в его памяти накапливается массив данных длиной $N = 256$ отсчетов. Над этим массивом производится операции прямого и обратного ДПФ по стандартному алгоритму быстрого преобразования Фурье (БПФ) и другие вычисления в соответствии с базовым алгоритмом таблицы 1. Операции производятся в формате с плавающей точкой. На выходе цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) процессора формируется аналоговый сигнал (Audio In) с встроенными данными ЦВЗ, пригодный для передачи в эфир через стандартный УКВ трансивер.

Извлечение данных ЦВЗ в приемнике требует накопления N отсчетов фрейма с выхода Audio Out и обработки, включающей только одно БПФ. При работе трансивера на симплексном (одночастотном) канале обработка в процессоре на прием и передаче осуществляются попеременно, не требуя дополнительных ресурсов по быстродействию.

Длительность выполнения операций в процессоре STM32F429 приведена ниже:

прямое/обратное 256 БПФ:	370/475мкс;
операции с комплексными числами:	126 мкс;
другие операции:	36 мкс;
общее время обработки при передаче:	1007 мкс.

Таким образом, общее время, затрачиваемое процессором на обработку одного фрейма, составляет немногим более 1 мс при длительности фрейма $1/32 = 31,25$ мс. Задержка передачи сигнала в трансивере обусловлена необходимостью накопления N отсчетов в течение одного фрейма исходного звукового сигнала и последующей его обработки. С учетом синхронизации фреймов задержка выдачи в эфир модифицированного звукового сигнала составляет длительность двух фреймов, т.е. 62,5 мс. Такая незначительная задержка не оказывает ощутимого влияния на ведение радиотелефонного обмена.

Отсчёты в АЦП накапливаются в памяти аппаратно с помощью прямого доступа к памяти (ПДП) без привлечения ресурсов процессора. Аналогичным образом реализована процедуры выдача отсчетов в ЦАП.

Задержка распространения радиосигнала в эфире сказывается на смещении моментов дискретизации аналогового сигнала в приемнике на 1 мкс/300 м дистанции. Проверки алгоритма показали, что он сохраняет работоспособность для смещения моментов дискретизации на величину не менее $T_s = f_s^{-1} = 122$ мкс, что соответствует расстоянию между радиостанциями 36,6 км или примерно 20 морских миль.

Выводы. Программирование алгоритма встраивания дополнительной информации в состав радиотелефонных сообщений на микроконтроллере STM32F429 совместно с применением GPS модуля NEO-6M для синхронизации фреймов звукового сигнала продемонстрировала практическую возможность реализации использования технологии ЦВЗ в морской УКВ радиотелефонной связи. Конструктивно аппаратная часть может быть реализована в виде отдельного микрочипа, который размещается в телефонной трубке. При этом достигается техническая возможность передачи небольших по объему данных (опознавать суда, координаты, другая информация) в составе самого звукового сигнала без каких-либо изменений УКВ трансивера. В то же время могут быть получены новые качества УКВ радиотелефонии: автоматическая идентификация голосовых сообщений, в том числе для мониторинга и выявления несанкционированных передач, возможность интегрирования УКВ аппаратуры с системами навигации для совершенствования отображения навигационной обстановки, повышения морской безопасности при террористических угрозах.

Аналогичное применение разработка может найти в сфере гражданской авиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cox I.J. et al. Digital watermarking and steganography. Second Edition. Morgan Kaufmann Publishers, USA. 2008. - 594 p.
2. Шишкин А. В. Идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской радиосвязи. Известия вузов – Радиоэлектроника. Т. 55, № 11. 2012. С. 11 – 20.
3. Hofbauer K., Kubin G., and Kleijn W. B. Speech Watermarking for Analog Flat-Fading Bandpass Channels, IEEE Trans on Audio, Speech, and Language Processing. Vol. 17, No 8, 2008. pp 1624 – 1637.
4. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Цифровые водяные знаки для радиотелефонных каналов с межсимвольной интерференцией. Цифрові технології, №23, 2018. - с. 17 – 29.

**СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА**

КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАЙОНА МОРСКОГО ПОРТА

Вильский Г.Б.

*Николаевский научно-учебный центр образования взрослых
(Украина)*

Современной проблемой безопасности мореплавания считается недостаточность защищенности информации в судоходстве. Такая обусловленность связана с отсутствием продуманной и утвержденной политики и нормативного обеспечения информационной безопасности судна и районов плавания, основанных на организационных, технических, экономических решениях с последующим контролем их реализации и оценкой эффективности. Известно, что искажение или утечка более 20% полученной на судне информации в 60 случаях из 100 приводит к террористическим актам, арестам, аварийным событиям и случаям, морскому разбою и пиратству. В 93% случаев создается опасная навигационная обстановка при маневрировании судов в стесненных условиях плавания [1]. Как следствие, угрозы, нарушения и преступления в информационной безопасности судна настолько велики, что установленный перечень вызывает необходимость систематизации, специального изучения и оценки связанных с ними рисков и разработки мероприятий по их предупреждению [2].

Для данного сегмента морской безопасности необходима четкая научно обоснованная концепция информационной безопасности районов морских портов [3]. Обоснованность и техническая реализуемость концепции должна реализовываться и отвечать установленным законодательством нормам и требованиям к безопасности информации. Мероприятия по защите приема / передачи и хранения судовой информации, принятию командных решений и управляющих воздействиях по безопасному управлению движением судов должны отражать решение главных задач проблематики морской безопасности.

Целью данной научной работы является установление системных положений концепции информационной безопасности района морского порта.

Виртуальный характер информационного пространства и технологические возможности электронных информационных ресурсов всегда скрывают печальные и значительные для порта вредные последствия. Вследствие этого, правовую основу концепции необходимо базировать на: Конституции Украины; Законах Украины: «Об основных принципах обеспечения кибербезопасности Украины»; «Об информации»; «О защите информации в информационно-телекоммуникационных системах»; «О защите информации в автоматизированных системах»; «О связи» и «Положении о технической защите информации в Украине». Данный аспект морской безопасности необходимо обязательно отражать в Постановлениях морских портов.

Поскольку главным объектом защиты является информация циркулирующая в программно-аппаратных средствах автоматизированных информационно-вычислительных систем и сетях инфраструктуры морского района, в отношении которых всегда существуют внешние и внутренние угрозы. К уязвимым объектам информационной безопасности относятся: технические средства, автоматизированные рабочие места и терминалы, системное программное обеспечение и системные ресурсы, конфиденциальная информация, внутренние и внешние носители информации в системах, обрабатывающих конфиденциальную информацию.

При проектировании системы обеспечения информационной безопасности района морского порта руководствуются принципами: законности; системности; комплексности; непрерывности и своевременности. Поскольку угрозы в виде спама и вредоносных

программ распространяются в информационном пространстве района, системы обязаны мгновенно реагировать на:

- утечки конфиденциальной информации через технические средства различного назначения;
- несанкционированный доступ к охраняемым информационным ресурсам;
- несанкционированное уничтожение и модификации информационных ресурсов;
- нарушение работы автоматизированных систем и сетей.

В данной концепции информационной безопасности района морского порта должна быть определена система взглядов на проблему обеспечения комплексной безопасности информации и устанавливаться порядок организации, правила распределения функций ответственности по обеспечению информационной безопасности. Концептуальные положения необходимо рассматривать со стратегической точки зрения в области технологий обработки данных и технологий связи.

Требования положений данной концепции следует распространять на: радиолокацию; определение навигационного позиционирования судов; автоматические идентификационные системы; электронные картографические системы; телекоммуникации, системы контроля состояния управленческого обеспечения деятельности.

Защита отмеченных систем автоматизации и отдельных их компонентов направлена на минимизацию влияния рисков опасностей и сохранение аппаратно-программных средств и оборудования, а именно:

- информационных ресурсов с ограниченным доступом к коммерческой тайне;
- массивов и баз данных организационно-экономического и технологического управления;
- программных средств общего системного и специального назначения;
- персональных данных работников инфраструктуры морского района;
- автоматизированных систем и вычислительных сетей разного уровня и назначения;
- телефонных линий, скайповой и факсимильной радиосвязи;
- технических средств передачи, размножения и отображения информации.

Необходимо детальное выполнение системой анализа угроз информационной безопасности и источников их возникновения. Для обеспечения возможности варьирования уровнем защищенности средства защиты должны иметь определенную гибкость. Источники угроз, приводящие к кризисным ситуациям в управлении движением судов, по природе их возникновения группируют в трех классах: антропогенные; техногенные и природные. При этом учитываются кризисные ситуации, имеющие три степени тяжести: угрожающая; серьезная и обычная. Особенностью систем информационной безопасности района морского порта считается рассмотрение совокупности принимаемых управленческих решений, направленных на выявление и предотвращение внешних и внутренних угроз, а именно:

- анализ потенциальных и реальных ситуаций с угрозой безопасности информации;
- распределение, определение и оценка характера угроз;
- реализация принятых мер по предотвращению угроз.

Кроме действий по предотвращению возникновения кризисных ситуаций концепцией предусматриваются организационные меры по устранению их последствий. К таким действиям относятся: локализация области влияния риска; обеспечение безотказной работы; оперативная корректировка параметров системы; удаление или вывод из эксплуатации пораженных элементов системы; загрузки копий программного обеспечения и / или переход на резервное оборудование; полное устранение причин кризисной ситуации; восстановление аппаратных, программных и информационных элементов систем; расследование причин кризисной ситуации.

Факторы риска, как ситуации возникновения угроз, можно расценивать в виде вреда материального или нематериального характера. Факторы риска негативно воздействуют на определенные участки объектов информационной безопасности и учитываются в зависимости от степени влияния на функциональность объектов инфраструктуры района морского порта. К основным факторам риска относят:

- стихийные или чрезвычайные ситуации, приводящие к полному или частичному выходу из строя технических средств автоматизированных систем района морского порта;
- несанкционированное проникновение в ресурсы информационных систем;
- мошенничество, некомпетентность, халатность в доведении нарушения баз данных.

Телекоммуникационная сеть систем электросвязи морского района порта должна обеспечивать: конфиденциальность передаваемой информации; целостность конфигурации и трафика сети; контроль предотвращения несанкционированного доступа извне и управления коммуникационным оборудованием локальной сети. Главной задачей средств контроля является своевременное выявление и регистрация ситуаций, которые в соответствии с установленными причинами риска расцениваются, как угрозы информационной безопасности.

Важной задачей считается создание условий безотказной работы электросвязи в районе благодаря специальным средствам защиты, контроля и регистрации, безотказной работы систем и сетей технологических объектов морской инфраструктуры. Для этого концепцией предполагается использование важных процедур с бесперебойным электропитанием, резервным копированием и хранением программ и данных на внешних носителях и резервирование аппаратных ресурсов.

Таким образом, основные положения концепции информационной безопасности района морского порта должны быть ориентированы на безотказную работу уязвимых мест автоматизированных систем с элементами технических средств, программ и данных. Необходим постоянный системный контроль за защитой информационного контента движения судов. Основным критерием экономической целесообразности концепции является безошибочное использование резервных ресурсов систем и надежность их функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А.С., Вильский Г.Б., Шон Н.Т. Информационная безопасность судна // Состояние и совершенствование безопасности информационно-телекоммуникационных систем. Сборник научных трудов. Спец. выпуск. – Николаев: НПИ, 2009. – С. 24-26.
2. Вильский Г.Б. Морское пиратство как составляющая терроризма. Вызовы и проявления // Состояние и совершенствование безопасности информационно-телекоммуникационных систем. Сборник научных трудов. Специальный выпуск. – Николаев: НПИ, 2009. – С. 20-23.
3. Вильский Г.Б. Информационная безопасность судоходства // Тези доповідей III міжнародної НПК «Системи обробки інформації. Інформаційна та економічна безпека» (INFECO-2010). – Харків: ХУПС, 2010. – Вип 3(84). – С.104-105.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО РАСХОДОМЕРА ГАЗА В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА ТРАНСПОРТНЫМ СУДНОМ

*Дели А.К., Головань А.И., Гончарук И.П.
Одесский национальный морской университет
(Украина)*

Введение. Оптические расходомеры – это расходомеры, основанные на зависимости от расхода вещества того или иного оптического эффекта в потоке.

Допплеровские оптические расходомеры являются основными среди рассматриваемых оптических приборов. Лазерно-доплеровские измерения расхода является наиболее характерным примером использования по назначению лазерных технологий, связанных с формированием излучения с высокой степенью временной и пространственной когерентности.

Формулировка цели исследования. Цель работы — рассмотрение принципа действия расходомера данного типа, определение достоинств, а также определение применимости данного типа расходомеров в задаче измерения выбросов двуокиси углерода на транспортных судах.

Изложение основного материала. Для поставленных задач наиболее эффективными методами измерения являются оптические бесконтактные методы измерения, среди которых лазерно-доплеровские методы, которые обладают неоспоримыми преимуществами, заключающимися в высокой точности, малой инерционности, отсутствием контакта с измеряемой средой, широким диапазоном измерения скоростей (0,1-100 м/с), а так же возможностью работы с неоднородными средами [2].

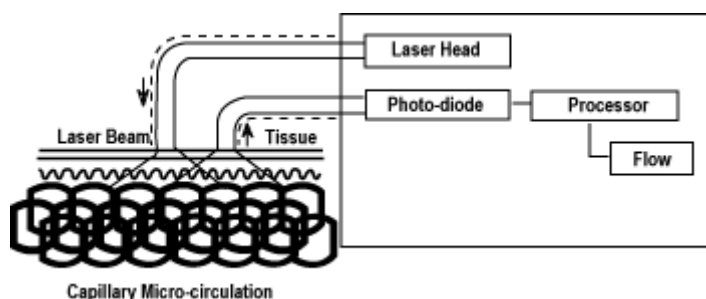


Рисунок 1 – Принцип действия оптического расходомера на основе эффекта Доплера

Принцип действия расходомеров данного типа (Рис.1) основан на измерении разности частот, возникающих при отражении светового или звукового луча движущимися частицами потока. Свет отражается (или рассеивается) от большого числа естественных или искусственных неоднородностей измеряемого вещества. Вследствие чего на приёмник будет поступать сигнал, содержащий случайные составляющие спектра, так как характер сложения амплитуд и фаз элементарных отражений случайный. Хотя мощность сигнала невелика, но этого достаточно для измерения доплеровского сдвига [3]. Схемы оптических устройств у анемометров и расходомеров Доплера могут быть различны. Чаще всего источник излучения и фото приемное устройство располагаются на противоположных сторонах трубы, несмотря на то что при этом требуется весьма жесткая опорная конструкция, обеспечивающая неизменность положения оптической системы. При необходимости всю система можно расположить с одной стороны, но в этом случае потребуются более мощный источник излучения и более чувствительная измерительная

схема, так как здесь на фотоприемник поступают отраженные лучи, направленные в сторону, противоположную движению потока, интенсивность которых в сотни и тысячи раз меньше лучей, отражаемых по направлению потока.

Измерение доплеровского сдвига частоты при обычных скоростях основано на измерении частоты биений двух когерентных оптических сигналов, из которых один опорный, а другой - рассеиваемый неоднородностями движущегося вещества [1,2].

Преимущества оптических расходомеров:

- бесконтактность;
- высокая чувствительность;
- малая инерционность;
- широкий диапазон измерения скоростей (0,1...100 м/с) и расходов независимо от физических свойств измеряемой среды (как жидкостей, так и газов), за исключением требования прозрачности среды в диапазоне длин волн, излучаемых лазерами.

Кроме того, лазерные расходомеры используют при измерении расходов агрессивных, высоко- и низкотемпературных (криогенных) жидкостей и газов.

Оптические расходомеры преимущественно используются в трубах малых диаметров [4, 5].

Выводы. Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что данный тип расходомера подходит для измерения выбросов диоксида углерода, так как обладает широким диапазоном измерения скоростей, низкой инерционностью, что в условиях измерения выбросов очень важно, а также возможностью работы с неоднородными средами. В связи с тем, что оптические расходомеры преимущественно используются в трубах малых диаметров, следует более детально изучить вопрос адаптации оптического расходомера к измерению выбросов двуокиси углерода транспортным судном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества — М.: Машиностроение, 1989. — С. 440-443.
2. Дубнищев Ю. Н. Лазерные доплеровские измерительные технологии // Новосибирск, 2002. 414 с.
3. A.Golovan et al.: Aspects of Remote Monitoring of the Transport Vessel Under Operating Conditions. ICTE ToL 2019, LNITI, pp. 295–301, 2020. doi:10.1007/978-3-030-39688-6_37.
4. Golovan, A., Rudenko, S., Gritsuk, I., Shakhov, A. et al.: Improving the Process of Vehicle Units Diagnosis by Applying Harmonic Analysis to the Processing of Discrete Signals. SAE Technical Paper, 2018-01-1774 (2018). doi:10.4271/2018-01-1774.
5. Golovan, A., Gritsuk, I., Popeliuk, V., Sherstyuk, O. et al.: Features of Mathematical Modeling in the Problems of Determining the Power of a Turbocharged Engine According to the Characteristics of the Turbocharger. SAE Int. J. Engines (2020). doi:10.4271/03-13-01-0001.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОНЯТИЯ РИСК В МОРЕПЛАВАНИИ

Дмитриев В.И., Каретников В.В.

*Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова
(Российская Федерация)*

Введение. В абсолютном большинстве случаев аварийных происшествий прослеживается совокупность причин и обстоятельств, которые обуславливают конкретное аварийное происшествие. К таким причинам относятся:

- техническое состояние судна и водного пути;
- организационно-технологические мероприятия, связанные с судоходством;
- окружающая среда и ее воздействие на судно, а также состояние груза и его влияние на судно;
- действие человеческого фактора (человеческого элемента).

Полное устранение перечисленных выше причин, к сожалению, не представляется возможным. Однако, на практике вполне допустимо влиять на аварийность с помощью всевозможных мер технического, организационного, эксплуатационного, правового характера, соответствующего надзора и контроля и достичь ее относительного снижения на определенный период времени.

Актуальность исследования. Действия судоводителя в той или иной ситуации связаны с риском. В настоящее время в практике используется достаточно много понятий «риск». Остановимся на следующем: Риск – это вероятность наступления неблагоприятных последствий при принятии того или иного решения [1].

Эффективная эксплуатация судна без риска невозможна. Риск нельзя разрешить или запретить. Не рискуя, нельзя ошвартоваться в море к другому судну, а, следовательно, и выполнить поставленную задачу. Каждое судно рискует, проходя по рейду между судами в свежую погоду. Попытка следовать в сплочённых льдах, за ледоколом или впередиидущим судном на безопасном расстоянии – в случае его возможной остановки – обречена, как правило, на неудачу. Поэтому осознанно рискуя следуем за ледоколом на сокращённом расстоянии, «поджимая» его. Следование судна узким фарватером, да ещё и при сильном ветре – риск.

Риском в судоходстве признается такое действие управляющего судном лица, которое совершено с учетом всех опасных обстоятельств плавания, профессиональных знаний и опыта для избегания возможного большего вреда судну, грузу и людям. При этом нанесенный ущерб по своим размерам должен быть значительно меньше стоимости сохраненного имущества и/ или приобретенной выгоды, а лицо, допустившее в своих действиях риск, предприняло все необходимые меры для предотвращения наступления вреда. Риск признается оправданным лишь при одновременном наличии следующих условий:

- риск должен соответствовать цели, ради которой он предпринимается;
- цель не может быть достигнута обычными, не связанными с риском действиями;
- риск не должен переходить в заведомое причинение ущерба;
- предметом риска должны являться материальные объекты.

Постановка задачи. Рискованное действие – действие целеустремленное. Риски связаны с сознательной, целенаправленной деятельностью субъекта риска.

Обратимся к Уголовным Кодексам РФ и Украины.

Статья 41 УК РФ Обоснованный риск [2]

1. Не является преступлением причинение вреда охраняемым уголовным законом интересам при обоснованном риске для достижения общественно полезной цели.

2. Риск признается обоснованным, если указанная цель не могла быть достигнута не связанными с риском действиями (бездействием) и лицо, допустившее риск, предприняло достаточные меры для предотвращения вреда охраняемым уголовным законом интересам.

3. Риск не признается обоснованным, если он заведомо был сопряжен с угрозой для жизни многих людей, с угрозой экологической катастрофы или общественного бедствия.

Статья 42 УК Украины Деяние, связанное с риском [3]

1. Не является преступлением деяние (действие или бездействие), причинившее вред правоохраняемым интересам, если это деяние было совершено в условиях оправданного риска для достижения значительной общественно полезной цели.

2. Риск признается оправданным, если цель, которая была поставлена, нельзя было достичь в данной обстановке действием (бездействием), не совмещенной с риском, и лицо, допустившее риск, обоснованно рассчитывало, что предпринятые им меры являются достаточными для предотвращения вреда правоохраняемым интересам.

3. Риск не признается оправданным, если он заведомо создавал угрозу для жизни других людей или угрозу экологической катастрофы или иных чрезвычайных происшествий.

Таким образом, условия правомерности действий при обоснованном риске, следующие:

а) риск должен быть сопряжен с достижением общественно полезной цели – например, получено рейсовое задание, в соответствии с которым для погрузки необходимо ошвартоваться у определённого причала в порту. Швартовка к причалу в условиях прижимного ветра сопряжена с определённым риском.

б) риск должен быть вынужденным, т.е. общественно полезная цель является недостижимой не связанными с риском действиями – погрузка в соответствии с рейсовым заданием может быть произведена только у определённого причала.

в) рискующим должны быть предприняты достаточные меры для предотвращения вреда охраняемым законом интересам (для предотвращения вреда правоохраняемым интересам). При этом лицо должно действовать не на авось, а с просчетом возможных вариантов развития событий, приняв меры по предотвращению наступления вредных последствий.

Пример. Капитан получил разрешение диспетчера порта о заходе в промпорт ПАО «Северсталь» для догрузки труб большого диаметра на Нидерланды (буксир-швартовщик в порту отсутствовал). Судно, имеющее повышенную парусность, из-за палубного груза и малой осадки, порывом ветра начало валиться вправо в сторону причала. Несмотря на то, что правый ГД работал вперёд, а левый назад (подруливающее устройство также было включено), удержать нос судна не удалось и судно на скорости около 3-х узлов, ударило правой носовой скулой в бетонный шапочноый брус причала.

Повреждения причала: разрушение бетонного шапочноого бруса (цельного монолитного пояса) на длине 13-15 м, нарушена кабельная трасса (смещение ж/б лотков) на длине 20 м, деформирована и смещена с места электроколонка.

Повреждения судна: деформация (вмятина) наружной обшивки в носовой части по правому борту от форштевня до якорного клюза размером 5,5 x 1 м и стрелкой прогиба около 10 см; деформация балок основного рамного набора корпуса и подкрепляющих элементов с разрывом и потерей устойчивости в районе 208-214 шп. правого борта; деформация (выпучина) настила палубы надводного борта в районе 210-212 шпангоутов правого борта размером около 1 x 5 м.

Из рекомендаций хорошей морской практики:

При выполнении маневра при швартовке судна в условиях прижимного ветра необходимо учитывать действие винта в сочетании с действием ветра и общим дрейфом судна, поэтому швартовка в таких условиях сложна и опасна и постановку судна к причалу следует производить при помощи буксира-швартовщика. Однако, не всегда есть

возможность воспользоваться услугами буксира. В этом случае, в зависимости от условий существует несколько различных случаев швартовки [4].

Один из них предусматривает идти к причалу малым ходом или по инерции под углом 20-30°, развернуть нос судна на ветер, затем для погашения инерции дать задний ход, отдать со стороны «берегового» борта якорь и вытравить одну смычку якорь-цепи, в этом положении якорь-цепь идет под корпус судна, якорь сразу забирает и уменьшает общий дрейф. Другой вариант – для уменьшения дрейфа судна возможна отдача якоря со стороны «наветренного» борта. Регулируя натяжение якорь-цепи, можно плавно подвести судно всем бортом к причалу. Для предупреждения возможного повреждения причала необходимо, чтобы в момент навала судно не имело поступательного движения.

Таким образом, капитан, в нашем случае, идя на обоснованный риск при швартовке судна к причалу в условиях слабого прижимного ветра, не предпринял достаточных мер для предотвращения вреда охраняемым уголовным законом интересам (п. 2 ст.41 УК РФ) – не приказал отдать со стороны «наветренного» или «берегового» борта якорь и, регулируя натяжение якорь-цепи, уменьшить дрейф судна. А это является условием обоснованного риска!

Но, читаем п. 3 ст. 41 УК РФ – Риск не признается обоснованным, если он заведомо был сопряжен с угрозой для жизни многих людей, с угрозой экологической катастрофы или общественного бедствия;

п. 3 ст. 42 УК Украины – Риск не признается оправданным, если он заведомо создавал угрозу для жизни других людей или угрозу экологической катастрофы или иных чрезвычайных происшествий.

В нашем случае риск не сопровождался с угрозой для жизни многих людей (не создавал угрозу для жизни других людей), с угрозой экологической катастрофы или общественного бедствия (чрезвычайных происшествий), и безусловно был сопряжен с достижением общественно полезной цели.

Значит, риск был обоснованным при швартовке судна, и его последствия не являются преступлением причинение вреда охраняемым уголовным законом интересам (вреда правоохраняемым интересам)?

Применение этой нормы уголовного права может освободить от уголовного преследования в рассматриваемом нами случае, или ему подобных. Конечно, следует отметить, что наличие и степень вины устанавливает суд.

Однако, применение норм статей 41 УК РФ и 42 УК Украины, не должно быть прикрытием для необдуманных, излишне рискованных управленческих решений или личному самоутверждению, особенно в области управления транспортом. Положения статей 41 УК РФ и 42 УК Украины если и не должны освобождать от ответственности, то уж точно, в некоторых случаях являться смягчающим фактором.

Результаты исследования. На наш взгляд, чтобы исключить неоднозначность толкования понятия «риск», п. 3 ст. 41 УК РФ и ст. 42 УК Украины необходимо изложить в следующей редакции:

Статья 41 УК РФ Обоснованный риск

3. Риск не признается обоснованным, если он заведомо был сопряжен с угрозой для жизни многих людей, с угрозой экологической катастрофы или общественного бедствия, а также тогда, когда лицо, допустившее риск, не предприняло достаточных мер для предотвращения вреда охраняемым уголовным законом интересам.

Статья 42 УК Украины Деяния, связанные с риском

3. Риск не признается оправданным, если он заведомо создавал угрозу для жизни других людей или угрозу экологической катастрофы или иных чрезвычайных происшествий, а также тогда, когда лицо, допустившее риск, не предприняло достаточных мер для предотвращения вреда правоохраняемым интересам.

Также необходимо понимать, что любой риск связан с неопределённостью ситуации. Чаще всего эта неопределённость связана с недостаточностью информации/знаний (прогноза погоды, причины поломки механизма, методов диагностики, рекомендуемых предупреждающих действий и т.д.). И в судоходстве надо стремиться не к уменьшению неблагоприятных последствий от риска, а к ликвидации любой неопределённости путём, например, использования более современных средств связи с судном, применения регулярно обновляемых электронных навигационных карт, приёма детальных карт прогноза погоды, использования систем диагностики судовых технических средств, уменьшения влияния человеческого фактора за счёт автоматизации административных и производственных процессов. То есть в судоходстве надо «бороться» не с рисками, а с причинами, их порождающими.

В основе этих действий должна быть систематическая идентификация неопределённостей и корректирующие действия по ликвидации выявленных неопределённостей. Такой подход позволит уменьшить объём административных действий по минимизации рисков и даст более быстрый и более эффективный результат.

Выводы. В настоящее время принято считать, что в большинстве случаев человек является причиной аварийных случаев и транспортных происшествий. Статистика такова, что 80% всех аварий и катастроф порождены человеческими ошибками, прямую корреляцию с которыми имеют личностные черты [5].

Незапланированные действия, паника, нарушение инструкций, самонадеянность, невнимательность и т.д. Все эти факторы лежат в плоскости личности человека, его индивидуальных особенностей, сформированных ещё в детстве, которые, как утверждают психологи, вполне могут быть выявлены заранее – ещё до того, как работник выйдет на рабочее место.

Так можно ли менеджерам по найму персонала или непосредственным руководителям прогнозировать риски, а также получить подсказку для выявления областей высокого риска при проведении собеседования с помощью программы «Коэффициент безопасности»?

Программа «Коэффициент безопасности» (The Safety Quotient (SQ) – это инструмент оценки поведения, помогающий уменьшить количество аварийных случаев, причиной которых становится человеческий фактор.

Упомянутая программа позволяет выявить людей с высоким или низким уровнем риска.

Люди с высоким уровнем риска:

- могут игнорировать начальство и правила и сопротивляться обратной связи;
- могут паниковать или «впадать в оцепенение» в неожиданных ситуациях с риском для безопасности и могут чувствовать неуверенность в собственных способностях;
- находятся в поиске новых стимулов и разнообразия и могут легко отвлекаться;
- могут чувствовать раздражение из-за других, особенно в ситуации стресса;
- склонны искать приключения, получают удовольствие рискуя, и могут недооценивать возможные негативные последствия собственных действий.

Люди с низким уровнем риска:

- склонны с готовностью соблюдать руководящие указания, обучаться, следовать правилам;
- склонны быть уверенными и остаются уравновешенными и спокойными в различных ситуациях;
- с меньшей вероятностью будут находиться в поиске новых стимулов, они могут концентрироваться на задаче, сохраняют бдительность;
- склонны быть менее раздражительными и легко могут контролировать свои эмоции в условиях стресса;

– не ищут новых ощущений и склонны точно оценивать собственные возможности перед тем, как принять решение.

В заключение отметим следующее. Избыточная регламентация действий экипажей часто оказывает негативное воздействие на работу флота [6]. Так, большое число руководящих документов по мореплаванию и судоходству на внутренних водных путях задает некоторое ограниченное пространство свободы действий экипажа (особенно капитана). Наличие таких рамок может привести к тому, что в сложной ситуации усилия судоводителя будут направлены на поиск документа и пункта инструкции, а не на анализ ситуации и выработку решения. Обилие инструкций и наставлений не способствует повышению безопасности мореплавания и судоходства на внутренних водных путях, а становится одним из факторов риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев В.И. Аварийные и нештатные ситуации на судах. Спасание на море: учебное пособие // В.И. Дмитриев / – М.: МОРКНИГА, 2017. – 315 с.
2. Уголовный кодекс Российской Федерации (Актуальная редакция УК РФ от 27.12.2018 с изменениями, вступившими в силу с 08.01.2019).
3. Уголовный кодекс Украины (с изменениями от 20.12.2019 года).
4. Дмитриев В.И. Обеспечение безопасности плавания судов // В.И. Дмитриев / учебное пособие. – М.: МОРКНИГА, 2018. – 349 с.
5. Каретников В.В. К вопросу оценки рисков на внутреннем водном транспорте // В.В. Каретников, К.И. Ефимов, А.А. Сикарев / Вестник астраханского государственного технического университета. серия: морская техника и технология. 2017. № 2. – С 22-27.
6. Мойсеенко С.С., Мейлер Л.Е. Управление рисками в мореплавании и промышленном рыболовстве // С.С. Мойсеенко, Л.Е. Мейлер / учебник. – М.: МОРКНИГА, 2017. – 385 с.

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ ПРЯМИХ ОЗНАК ПРИЧИН НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ НА МОРІ

Казак В.М., Беда А.І.

*Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)*

Годованюк С.П.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Аналіз причин морських катастроф дозволив зробити висновок, що нульової аварійності неможливо досягти, оскільки море являє собою середовище, яке піддається впливу різних стихійних факторів, тобто небезпечне середовище, сполучене з безліччю ризиків, а надійність і живучість суден бажає бути кращою. Крім того, вплив людського фактору на безпеку судноплавства залишається неприпустимо високим. [1]

Світова практика проведення пошуково-рятувальних операцій на морі свідчить про низьку ефективність їх виконання в різних нештатних ситуаціях, що виникають на морі. Тому визначення прямих ознак причин нештатних ситуацій на морі з метою запобігання або виходу з неї без вагомих збитків для людей та навколишнього середовища є актуальним.

Постановка задачі. Нештатна ситуація (НС) в контексті забезпечення функціонально стійкого управління в системі «служба пошуку та рятування на морі – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація» розглядається як випадкова подія, обумовлена невизначеністю моменту її появи, місця виникнення у морі і на судні, наявності в акваторії аварійного судна суден, що проходять навколо (повз), та їх відстані від аварійного судна, вплив гідро- аеродинамічних умов на траєкторію руху судна, логіко-психологічний і психофізичний стани екіпажу, належності до класу і конкретного виду ситуацій та ін.

Для формування керуючих дій щодо нейтралізації нештатної ситуації та її наслідків необхідно кожній прямій ознаці нештатної ситуації поставити у відповідність параметр, що характеризує появу причин відповідної нештатної ситуації.

Результати досліджень. Прямі ознаки нештатної ситуації – це ознаки виду, класу, місця, характеру й наявності самої НС. Для параметризації прямих ознак визначено основні причини НС та їх наслідків, до яких віднесено:

- аеро-, гідро- метеорологічні умови на момент події;
- технічний стан судна та його систем;
- інформаційне забезпечення прийняття рішення та доведення до виконавців, його відповідність до ситуації, що склалася на морі;
- стан системи пошуку й рятування на морі;
- логіко-психологічний та психофізичний стан екіпажу та інше.

Аеро-, гідродинамічні та метеорологічні умови характеризуються такими параметрами:

- вітер – направлення й швидкість, характер (постійний, поривчастий);
- видимість – прозора, хмарна, туман, снігові хмари;
- температура повітря та морської води;
- хвилювання моря – висота та крутизна хвиль, напрям і періодичність, резонансні явища, розташування судна відносно гребнів хвиль тощо;
- наявність, приливів, відливів, течії та її направлення відносно до курсу судна.
- атмосферні опади – дощ, град, снігові заряди (замети), обмерзання.

Технічний стан судна та його систем:

Аналіз фактичного технічного стану конструкцій корпусу, силової установки, механізмів, пристроїв, систем і електроустаткування судна, систем та засобів зв'язку представляє собою інструмент, що дозволяє якісно оцінити судно і його елементи незалежно від віку відповідно до встановленої системою рейтингу щодо забезпечення таких морехідних якостей судна як плавучість, остійність, непотоплюваність, керованість, ходкість, водонепроникність корпусу судна.

До основних складових морехідності судна слід віднести [2]:

- технічну придатність судна до плавання;
- укомплектування судна екіпажем;
- спорядження та забезпечення судна всім необхідним;
- придатність до прийняття вантажу для перевезення.

Інформаційне забезпечення прийняття рішення та доведення до виконавців, його відповідність до ситуації, що склалася на морі, відбувається за рахунок [3]:

– налагодження зв'язку між учасниками пошуково-рятувальної операції на основних та запасних частотах;

– використання системи АІС, яка дозволяє отримати відомості щодо позицій суден і їх відображення на екрані в зоні відповідальності державного морського рятувально-координаційного центру (ДМРКЦ), а також їх найменування, характеристик, наявності небезпечного вантажу і навігаційних даних (місце розташування, курс, швидкість і ін.), що сприяє більш повній оцінці ситуації при наданні допомоги в разі лиха;

– в аварійній ситуації кожне судно матиме інформацію про найменування, розташування та навігаційних даних інших суден в радіусі дії УКХ-радіозв'язку, що сприяє швидкому наданню допомоги;

– завдяки безперервній роботі транспондера на судні виникає можливість передачі найближчим суднам і береговим службам, включеним в АІС, сигналів лиха або терміновості, що містять відомості про подію;

– можливість взаємодії (обміну інформацією) з повітряними суднами, які беруть участь в пошуково-рятувальних операціях та іншими судами в районі лиха.

Це надає можливість:

– упередженого планування пошуково-рятувальних операцій та приймати ефективні рішення в ході їх проведення;

– виявляти та попереджувати помилки на ранніх стадіях проведення операцій рятування на морі;

– визначати відповідність можливостей ресурсів, задіяних у ході пошуково-рятувальної операції, поставленим задачам.

В свою чергу використання виконавцями пошуково-рятувальної операції стандартної форми донесення про ситуацію, що сталась на морі, у ході ліквідації НС забезпечує зворотній зв'язок з координатором ДМРКЦ, що дає можливість:

- дотримуватись стандартного порядку дій;
- приймати рішення у нестандартній ситуації.

Стан системи пошуку й рятування на морі [4] :

Залежно від ситуації, що склалася в межах морської зони відповідальності, може бути встановлений один з режимів функціонування СПРМ:

- режим повсякденної діяльності;
- режим підвищеної готовності.

Таким чином, основними компонентами системи пошуку і рятування на морі є:

– засоби забезпечення зв'язку в межах всього пошуково-рятувального району із зовнішніми службами реагування на надзвичайні морські ситуації;

– державний морський рятувально-координаційний центр (ДМРКЦ);

– один або кілька допоміжних центрів пошуку і рятування для підтримки ДМРКЦ у межах морської зони відповідальності;

– засоби пошуку і рятування, включаючи пошуково-рятувальні команди зі спеціалізованим обладнанням і навченим персоналом та інші ресурси, які можуть бути використані для реагування і проведення пошуково-рятувальних операцій;

– координатор на місці проведення операції, який призначається в залежності від необхідності для координації дій всіх учасників засобів на місці проведення операції;

– допоміжні засоби, які забезпечують обслуговування, спрямоване на підтримку пошуково-рятувальних операцій.

Зазначимо, що існуюча система має недоліки, які полягають у наступному:

– у правовому відношенні: на практиці буває складно відокремити рятування людей від рятування майна, проте ці інститути значно відрізняються один від одного;

– створення пошуково-рятувальних груп неможливо без аналізу маршруту руху суден, аналізу ступеня ризику і визначення найбільш небезпечних районів плавання. Для цього необхідно залучати службу управління рухом суден, капітана порту та лоцманську службу;

– світова практика показує, що для максимально ефективної ліквідації НС необхідний тандем: спеціалізовані катери плюс авіаційні засоби рятування, особливо в екстремальних погодних умовах. Це найнадійніший і швидкий вид порятунку.

Стан системи пошуку й рятування на морі визначає результат НС, а саме:

екстремим реагуванням системи на виникнення НС, організацією ефективної розвідки, приведенням у готовність органів керування, сил і засобів, своєчасним висунанням їх у зону НС, розгортанням системи керування, розгортання необхідних сил і засобів (вертольотів, літаків), призначених для ліквідації НС.

Логіко-психологічний та психофізичний стан екіпажу [5]:

Здатність екіпажу судна до виконання поставлених задач забезпечується особистими психічно-пізнавальними процесами, такими як сприйняття, пам'ять, уява, мислення, забезпечення розвитку комунікативних та когнітивних здібностей, які є необхідними в умовах колективної роботи членів суднового екіпажу, умінням підтримувати високий рівень особистої загальної психофізичної та професійної працездатності тощо.

Реалізація організації членів команди у злагоджений екіпаж забезпечується завдяки компетентнісному підходу до організації процесу професійної підготовки сучасного моряка, що передбачає формування та удосконалення їх індивідуальної психічної культури, формування у них умінь свідомого психічного самовпливу з метою оптимізації психофізичного стану.

Тому члени екіпажу повинні володіти наступними компетенціями:

– здатністю осіб рядового та керівного складу до виконання звичайних обов'язків стосовно несення вахти, виконання робіт, розуміння сутності команд, що пов'язані з цими обов'язками:

– уміннями керувати своїми логіко-психологічними, психо-фізіологічними та емоційно-вольовими станами, здійснювати контроль за особистими професійними діями на підставі відповідальності та цілеспрямованості;

– здатністю до аналізу та синтезу – уміння самостійно знаходити принципово нову інформацію на підставі активізації розумових дій, а саме аналізу, синтезу, порівняння, індукції, дедукції, моделювання, інше;

– здатністю керувати діями під час аварії – умінням швидко оцінювати ситуацію, що склалася, і вчасно приймати правильні рішення під час аварійних ситуацій та надавати відповідні накази, організувати роботу підлеглих з метою подолання цих ситуацій;

– здатністю виживання в морі у разі покидання судна – умінням забезпечувати високий рівень емоційно-вольової стійкості, приймати професійно доцільні рішення у напрямку подолання екстремальної ситуації;

– здатністю до термінового та якісного виконання робіт щодо рятування на морі.

Корені більшості аварій і подій на морському транспорті лежать в логіко-психологічному й психофізичному стані екіпажу і, відповідно домінують у процесі розвитку проблеми безпеки мореплавання: члени екіпажу повинні мати такі якості як стресостійкість, урівноваженість, відповідальність, уважність, ретельність, а капітан судна повинен мати логіко-психологічний портрет кожного члена екіпажу.

Отже, для параметризації прямих ознак причин нештатних ситуацій на морі визначається своя кінцева множина причин нештатної поведінки судна, які структуруються в ієрархічну структуру. У морській галузі ця ієрархічна структура є найбільшою за кількістю елементів та зв'язків і тому є найбільш представницькою, що відображає гранично важливу глибину причинно-наслідкових зв'язків можливих нештатних ситуацій на морі.

Наведені прямі ознаки причин НС можна згрупувати у чотири-п'ять великі параметричні групи і представити наступними кортежами [5]:

$$\langle \text{Параметризація НС} \rangle = \langle A, B, C, D, E \rangle \quad (1)$$

$$\langle \text{Відношення між параметрами НС} \rangle = \langle U, V, P, \pi, T \rangle \quad (2)$$

де $U = \{1, 2, \dots, j, \dots, U\}$ – множина вузлів (вершин) графу; $V = \{V_1, V_2, \dots, V_j, \dots, V_u\}$ – множина відповідних їм змінних; $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots\}$ – набір значень, що їх набуває j змінна; $f_i \in F$ – щільність вірогідності розподілу змінної; $\pi_j \in \Pi$ – функція належності; $D = \{d_1, d_2, \dots\}$ – різноманіття ребер, що сполучають вузли; A – вектор ребер предцесорів; B_i – вектор ребер саксесорів; P_{ij} – вектор заходів можливостей або вірогідностей переходу між i та j ; T_{ij} – вектор змін ресурсів (часу) при переході з вузла i у вузол j .

Висновки. Параметризація причин і класів НС – взаємозв'язані завдання, оскільки клас формується з великої кількості причин, які можна умовно звести у підкласи, що покриваються одним параметром, а причини параметризуються в номінальній шкалі за допомогою інтервалізації параметра класу, виходячи з можливості подальшого парировання причин НС за допомогою залучення додаткових засобів рятування на морі.

Отже, запропонована параметризація прямих ознак НС на морі являє собою ієрархічну схему параметризації, в якій множина параметрів формується в різнотипних шкалах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналитическая организация INS Markit Maritime & Trade (M&T) [Электронный ресурс] / – Режим доступа: www.sur.ru/ru/...01.../bezopasnost moreplavaniya uluchshilas no avarii neizbezhny/.
2. Кодекс торговельного мореплавства України: за станом на 5 січня 2017 р. / Верховна Рада України. – Л.: 2017.
3. Вагущенко Л. Л., Цымбал Н. Н. Системы автоматического управления движением судна. – 3-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
4. Черноусько Ф.Л., Мелікян А.А. Игровые задачи управления и поиска. М., Наука 1979. – 270 с.
5. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. – К.: НАУ-друк, 2010. – 284 с.

ОЦЕНКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КУРСА

Калюжний В.В.

*Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)*

Введение. Снижение аварийности судов в стесненных районах плавания является одной из наиболее важных проблем обеспечения безопасности судовождения. Аварийность от столкновения судов находится на высоком уровне, чем вызвана необходимость разработки дальнейших мер по предупреждению их столкновений.

Поэтому разработка методов совершенствования процесса расхождения судов, в частности путем учета угловой скорости изменения относительного курса для выбора маневра расхождения судов, 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 работа [1] посвящена методу формирования гибких стратегий расхождения, а в работе [2] рассмотрены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения судов. Работа [3] посвящена основным вопросам проблемы синтеза и отображения навигационной ситуации и техническим средствам, направленным на их решение.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является разработка процедуры расчета угловой скорости изменения относительного курса в зависимости от угловых скоростей поворота судов и их параметров движения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. При расхождении судна с целью в ситуации опасного сближения для выбора безопасного маневра необходимо знать зависимость угловой скорости ω_{ot} изменения относительного курса от угловых скоростей поворота судна ω_v и цели ω_c .

Для вывода выражения относительной угловой скорости ω_{ot} учитываем, что $\omega_{ot} = \frac{dK_{ot}}{dt}$, а относительный курс K_{ot} в общем случае определяется выражением [2]:

$$K_{ot} = \arcsin[(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)/V_{ot}],$$

где K_v и K_c - значения текущих курсов соответственно судна и цели;

V_{ot} - текущая относительная скорость, причем

$$V_{ot} = [V_v^2 + V_c^2 - 2 V_v V_c \cos(K_v - K_c)]^{1/2}.$$

Допустим, изменяются только курсы судов K_v и K_c . В этом случае выражение для первой производной $\frac{dK_{ot}}{dt}$ принимает следующий вид:

$$\frac{dK_{ot}}{dt} = \left\{ 1 - \frac{(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)^2}{V_{ot}^2} \right\}^{-1/2} \frac{d}{dt} \left[\frac{(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)}{V_{ot}} \right]. \quad (1)$$

Введем следующие обозначения:

$$A = 1 - \frac{(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)^2}{V_{ot}^2}, \quad B = \frac{d}{dt} \left[\frac{(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)}{V_{ot}} \right].$$

Тогда выражение (1) принимает вид:

$$\frac{dK_{ot}}{dt} = \{A\}^{-1/2} B. \quad (2)$$

Найдем выражения для A и B . Очевидно:

$$A = \frac{V_{ot}^2 - (V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)^2}{V_{ot}^2} = \frac{V_v^2 + V_c^2 - 2 V_v V_c \cos(K_v - K_c) - (V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)^2}{V_{ot}^2},$$

или, раскрывая выражение $(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)^2$, получим:

$$A = \frac{V_v^2(1 - \sin^2 K_v) + V_c^2(1 - \sin^2 K_c) - 2 V_v V_c \cos K_v \cos K_c}{V_{ot}^2} = \frac{V_v^2 \cos^2 K_v + V_c^2 \cos^2 K_c - 2 V_v V_c \cos K_v \cos K_c}{V_{ot}^2} = \frac{(V_v \cos K_v + V_c \cos K_c)^2}{V_{ot}^2}. \quad (3)$$

Аналогично найдем выражение для B :

$$B = \frac{d}{dt} \left[\frac{(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c)}{V_{ot}} \right] = \frac{\frac{d}{dt} (V_v \sin K_v - V_c \sin K_c) V_{ot} - (V_v \sin K_v - V_c \sin K_c) \frac{d}{dt} V_{ot}}{V_{ot}^2},$$

или

$$B = \frac{(V_v \cos K_v \frac{dK_v}{dt} - V_c \cos K_c \frac{dK_c}{dt}) V_{ot} - (V_v \sin K_v - V_c \sin K_c) \frac{d}{dt} V_{ot}}{V_{ot}^2}. \quad (4)$$

Очевидно, справедливо соотношение:

$$\frac{d}{dt} V_{ot} = \frac{V_v V_c \sin(K_v - K_c) (\frac{dK_v}{dt} - \frac{dK_c}{dt})}{V_{ot}}.$$

С учетом полученного выражения, подставляя в (4), находим:

$$B = \frac{(V_v \cos K_v \frac{dK_v}{dt} - V_c \cos K_c \frac{dK_c}{dt})}{V_{ot}} - \frac{(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c) V_v V_c \sin(K_v - K_c) (\frac{dK_v}{dt} - \frac{dK_c}{dt})}{V_{ot}^3}.$$

Подставляем в формулу (2) последнее выражение и (3), получим:

$$\frac{dK_{ot}}{dt} = \frac{(V_v \cos K_v \frac{dK_v}{dt} - V_c \cos K_c \frac{dK_c}{dt})}{(V_v \cos K_v + V_c \cos K_c)} - \frac{(V_v \sin K_v - V_c \sin K_c) V_v V_c \sin(K_v - K_c) (\frac{dK_v}{dt} - \frac{dK_c}{dt})}{(V_v \cos K_v + V_c \cos K_c) V_{ot}^2}. \quad (5)$$

Полученное выражение для скорости изменения относительного курса $\frac{dK_{ot}}{dt}$ носит универсальный характер для произвольного закона изменения курсов судов. Для оценки $\frac{dK_{ot}}{dt}$ в первом приближении, вполне приемлемом во многих практических приложениях, принимается вращательное движение с постоянными угловыми скоростями ω_v и ω_c . В этом случае зависимость (5) принимает следующий вид:

$$\omega_{ot} = \frac{dK_{ot}}{dt} = \frac{V_v \cos(K_{vo} + \omega_v t) \omega_v - V_c \cos(K_{co} + \omega_c t) \omega_c}{V_v \cos K_v + V_c \cos K_c} - \frac{[V_v \sin(K_{vo} + \omega_v t) - V_c \sin(K_{co} + \omega_c t)] V_v V_c \sin(\Delta K_o + \Delta \omega t) \Delta \omega}{(V_v \cos K_v + V_c \cos K_c) V_{ot}^2}, \quad (6)$$

где $\Delta K_o = K_{vo} - K_{co}$,

$\Delta \omega = \omega_v - \omega_c$.

Проверка корректности полученного выражения производилась с помощью расчета значений относительной угловой скорости ω_{ot} , используя формулу (6), а также как разность относительных курсов в единицу времени при заданных угловых скоростях ω_v и ω_c . Расчеты производились на компьютере и значения угловой скорости ω_{ot} , полученные указанными способами совпадали, что подтвердило корректность выражения (6).

На рис. 1 показана зависимость угловой скорости ω_{ot} от времени, выбран интервал времени равный 1000 с, начальные курсы судна и цели составили $K_{vo}=45$, $K_{co}=40$, а их скорости $V_v=15$, $V_c=20$, угловые скорости равны соответственно $\omega_v=0,5$ и $\omega_c=1,5$. Рис. 1 содержит две кривые, одна из которых рассчитана по формуле (6), а вторая - разностью относительных курсов. Обе кривые фактически сливаются, специально для того, чтобы они были видимыми, одна из кривых приподнята на графике на несколько пикселей.

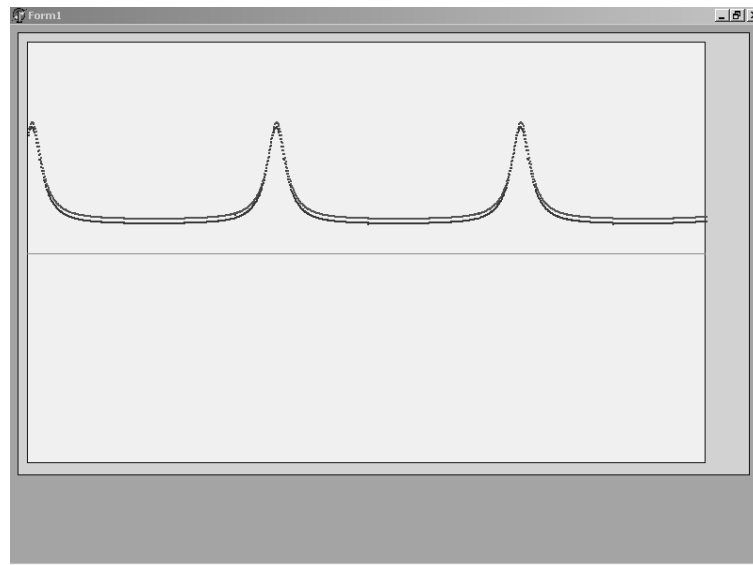


Рисунок 1 – Зависимость относительной угловой скорости от времени

Выводы. Получены общее аналитическое выражение для расчета относительной угловой скорости от параметров движения судов и для частного случая поворота судов с постоянными угловыми скоростями.

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.

БЕЗОПАСНЫЙ РЕЙС. АВАРИИ И ИХ ПРИЧИНЫ. УПРАВЛЕНИЕ КОМАНДОЙ НА МОСТИКЕ

Ляшенко В.Г., Ляшенко Б.В.

*Херсонский морской колледж рыбной промышленности
(Украина)*

Абрамов Г.С.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Издавна морской торговый рейс считался рискованным предприятием. Сегодня, к счастью, большинство торговых рейсов являются не рискованными предприятиями, а установившейся практикой безопасного и успешного завершения рейса и доставки груза.

Однако рейсы не всегда завершаются успешно, а грузы не всегда доставляются. Такие чрезвычайные события всегда являются шоком для моряков, судовладельцев, фрахтователей, грузоотправителей и общественности в целом. Мы рассчитываем, что грузы будут доставлены вовремя и суда дойдут безопасно. Однако мы часто забываем, что даже сегодня, когда на судах установлены надёжные мощные двигатели и самая современная техника, помогающая в работе морякам, рейс всё же связан с определённым риском, а судно и его экипаж могут подвергаться и капризам, и катаклизмам морской стихии. [1-3]

Однако рейс может быть не завершён не только в результате влияния окружающей среды. Большинство происшествий на море чаще всего являются результатом ошибки человека. Во многих этих случаях информация, которая могла предотвратить эти инциденты, как правило, имелась в наличии, но была либо недооценена, либо не использовалась вовсе. [4, 5]

Многие несчастные случаи происходят из-за отсутствия в работе чётко сформулированной системы по определению и предотвращению ошибки человека. А людям свойственно совершать ошибки, (пусть непроизвольно, не осознано, но ошибаться).

В этой статье собрана необходимая, на наш взгляд, информация, объясняющая, как решать различные вопросы управления командой на мостике, устранять возникающие трудности, что поможет избежать наиболее часто встречающихся ошибок и, тем самым, сделать рейс эффективнее и безопаснее. Большую помощь в этом вопросе оказывает книга «Bridge Team Management» [6], которая принята к руководству по всему миру и является основой для планирования плана перехода и управления ресурсами мостика. В ней объясняются положения ИМО, подтверждая то, что многие из нас, в общем-то, уже знают и с чем работают, однако многие вопросы раскрываются на современном уровне с новыми разделами по электронной навигации.

В книге «Bridge Team Management» описана система взаимодействий, требуемая внутри команды для того, чтобы она успешно работала. Система направлена не на действие по управлению одним человеком, а на продолжительное принятие и понимание всеми членами команды, что они все должны выполнять роли, которые им предписаны.

Основная часть. «Члены навигационной вахты должны постоянно быть готовыми действовать эффективно, и их действия должны меняться в зависимости от ситуации.» ИМО ПДНВ В-VIII Часть 3.1 (Руководство по несению безопасной навигационной вахты)

Из выше приведенного утверждения следует, что не имеет значения, насколько хорошо был спланирован или совершён рейс и как слаженно работала команда, - всё может измениться. Это может случиться, когда работа команды и планирование ложится на плечи любого офицера, включая самого младшего в команде, который должен принять решения, зная, что они действительно могут быть выше его способностей.

Управление командой. Одним из требований для укомплектования и хода судна является самый высокий уровень персонала и самое современное оборудование. Это остаётся естественным желанием каждого капитана и вахтенного помощника. Однако, в связи с сегодняшней жесткой экономической реальностью, эти требования редко осуществляются в полной мере. Часто команды на мостике состоят из групп персонала со способностями разного уровня, которые работают с устаревшим оборудованием. Тем не менее, чтобы успешно осуществить рейс, для всех судовых офицеров очень важно сделать так, чтобы максимально эффективно использовались все возможные средства, как человеческий капитал, так и материальные ресурсы. Каждый член команды должен принимать в этом участие и вносить свой необходимый вклад.

Для достижения хороших результатов существует ряд факторов, на которые следует обращать внимание. Они касаются не только технических знаний и умений, но и наиболее традиционных умений (навыков) управления человеком или "людьми", включая в себя развитие возможностей человека. Рассматривая технические умения (навыки), необходимо принимать во внимание и эти техники, которые включают в подготовку и осуществление предполагаемого рейса (планирование перехода).

Эффективная работа любой команды на мостике в значительной мере зависит от основных принципов хорошего общения и управления людьми. Одновременно с современной политикой укомплектования экипажем судна на борту должны развиваться и навыки для преодоления культурных границ.

Подготовка и наставничество. Способность выполнять работу хорошо зависит, в некоторой степени, от качества подготовки человека, которую он получил. Слабый преподаватель часто готовит слабого ученика. Мы все проводим большую часть нашей жизни или передавая знания другим, или получая такие знания. Это начинается, когда мы очень молоды и продолжается, вне зависимости от выбора нашей профессии, на протяжении всей жизни. Соответственно, небольшая часть этого происходит в формальной атмосфере учебного заведения, большая же часть впитывается с молоком матери или уже на работе. И поэтому все мы – преподаватели - должны передавать знания, если в этом есть необходимость.

Методов передачи знаний много, и они разнообразны. Их можно разбить на 2 основные группы - подготовка и наставничество. Они незначительно, но всё же различаются в концепции. Подготовка человека включает инструктирование его о выполнении различных заданий или процедур по требуемому стандарту. Наставничество, однако, включает развитие существующих умений посредством передачи опыта, навыков, знаний и контроля овладения ими.

Необходимо обратить внимание на то, чтобы исключались сложные задания на самом раннем уровне развития. Если ученики не готовы к заданию, эффект может быть разрушительным. Они могут стать менее организованными, и доверие будет подорвано.

Требования подготовки относительно заданий на мостике не всегда дают прямые методы подготовки, исключая случаи с очень неопытным персоналом. Именно здесь концепция наставничества уместна. При любом виде наставничества важно контролировать слушателя и оценивать полученные им знания. Недостаток обратной связи мешает слушателю понимать, как усовершенствовать навыки и умения.

При создании команды из группы индивидуумов может потребоваться немало усилий. Не все члены команды начинают обучение с одинаковым базовым уровнем знаний. Команда работает, поток информации увеличивается, как результат вновь найденного доверия членов команды. Все члены команды должны хорошо знать, что ожидает их. Проверка выполнения их работы и оценка полученных ими знаний должны осуществляться постоянно. Одной из главных функций команды является обеспечение системы проверки принятых решений.

В соответствии с резолюцией А.850 и формализованным подходом к оценке безопасности с учетом человеческого фактора, задача мореплавателя - безопасное судовождение от порта отхода к пункту назначения. Чтобы выполнить эти требования, необходим высокий уровень квалификации.

Действия, предпринимаемые на мостике вслепую, обмен ошибочной информацией между Капитаном и вахтенными помощниками в рабочей обстановке, приводят к бесконтрольной самонадеянности. Иногда действия на мостике организованы недостаточно, хотя и имеют видимый порядок, но случись непредвиденное и ситуация сразу дает о себе знать. Становится трудно принять решение, а совершенные ошибки могут привести к фатальному исходу.

Аварии по своей натуре непредсказуемы, хотя большинство из них случаются из-за отсутствия системы выявления и последовательности предотвращения ошибок личности, которые так присущи человеку. Конечно, современные электронные системы используются на мостике для автоматического решения навигационных задач и, таким образом, изменяют баланс обязанностей на вахте. Однако, этот баланс зависит от разработанных систем, их надежности и умения помощников ими пользоваться. Самонадеянность не должна поощряться. Системы напрямую должны вписываться в организацию мостика таким образом, чтобы не было возможности появления необнаруженных ошибок.

Анализ показывает - авариям последних лет, при внешнем различии, присуще одно: они все, в большинстве своём, происходили по вине людей, управляющих судном. Это очень часто зависит от психофизического состояния человека и характера выполняемого процесса. То, что «человеческий фактор» выступает как основная причина различного рода несчастных случаев, аварий, катастроф, подтверждается цифрами. Так, например, на море она составляет - 60%. Это меньше, чем на других видах транспорта, но по тяжести последствий: людских, материальных, экономических, и особенно экологических, она находится на одном из первых мест.

Интенсификация работы флота, повышение энергонасыщенности судов, тенденция к сокращению численности судовых экипажей и широкому совмещению профессий значительно изменили работу на море, усложнили ее. Большие надежды возлагались в свое время на совершенствование навигационных средств судовождения и надежды эти, увы, не оправдались. Количество аварий не сократилось. Более того, с 90-х годов даже наметилась тенденция к их росту. Аварии на судах стали более тяжелыми и опасными, по сравнению с имевшими место 30-40 лет назад. Дело в том, что на флоте обоснованно не относили к авариям так называемые необычные ситуации, исход которых зависит от быстроты нахождения нестандартных решений.

Экономическая сторона вопроса, положение дел в семье, переутомление от сверхурочных работ, особенно после выхода из порта, приводят к неопределенности, растерянности, неуверенности, к росту нервно-психических расстройств. Сегодня для разработки обоснованных мер по борьбе с аварийностью недостаточно одних ссылок на хорошую морскую практику. Нужен психоанализ характерных ошибок и нарушений со стороны специалистов, установление их внутренних первопричин. Неблагоприятные для профессиональной деятельности качества личности могут оставаться неизменными в течение всего обучения и всей профессиональной жизни. Человек, который в процессе обучения на тренажерах быстро и успешно овладел системой необходимых знаний и навыков, в некоторых реально возникающих условиях, особенно в экстремальной ситуации, бывает, теряет способность их применить, либо совершает грубые ошибки, которые не могут быть объяснены пробелами в обучении. Не всем же быть моряками. Человек, с легко уязвимыми «функциями», чаще подвергается перенапряжению, быстро устаёт, что чревато психическими срывами, конфликтами и разладами в психологическом климате экипажа. Так, например, из 10 здоровых моряков, перенесших серьезные ЧП, у 7 сформируются невротические расстройства. Отдельные симптомы невроза навязчивых

состояний тянутся «хвостом» многие годы. С учетом условий работы на море, по сравнению с береговыми условиями, фактор риска слишком велик. Большое значение имеет психологическая и профессиональная совместимость экипажей. Над этим сейчас работают во многих странах, где есть флот.

Аварийность, связанная с «человеческим фактором», имеет следующую структуру: ошибки помощников 25%; ошибки экипажа 17%; ошибки береговых специалистов 14%; ошибки лоцманов 5%; ошибки механиков 2%; неисправность оборудования 8%; конструкционные 15%; другие 14%.

Большинство моряков хорошо знают три прописных истины:

- 1) Море - объект опасности; 2) Ты не можешь изменить законы природы;
- 3) Мы все можем ошибаться.

Приведем несколько «опасных мыслей», которые могут привести к ошибкам. Иногда они могут быть неосознанными и проявляются только в период стресса:

1. Я могу это выполнить!
2. Не говори, что мне делать!
3. Мы должны всегда делать это только так!
4. Быстро что-то предпринимай!
5. Это же не моя обязанность.
6. Все равно это ничего не изменит.
7. Со мной этого не случится.

Если эти «опасные мысли» появляются, их немедленно надо заменить на безопасные:

- 1-Почему не попытаться?
- 2-Это может случиться и со мной.
- 3-Мы все на одном судне.
- 4-Действуй по правилам.
- 5-А сейчас время отойти от правил.
- 6-Не так быстро, подумай.
- 7-Не поступай так.

Пример: Ничто не предвещало опасности. Трое на мостике: Капитан, Лоцман и 2-й помощник. Туман, вход в порт, и как в сказке появилось то, не знаем что. Встречное судно... Всё шло к смертельной аварии. Капитан и лоцман стали каменными от взгляда «Горгоны» в образе встречного суда. Ступор... Не растерявшись, 2-ой помощник принял решение: быстро, мгновенно и резко ВРШ по 10 и право на борт. Он при этом разрушил плотную кирпичную стену: Капитан - вахтенный помощник. Не задумываясь о субординации, о правилах подчинённости и над той ситуацией, которой не существует в МППСС-72, выученных наизусть; над тем, что требуют в дополнительных вопросах на госэкзаменах и при защите дипломов старые капитаны, которые хотят услышать ответ четко и без ошибок. Поговорить бы на равном уровне судоводителей, убрав эту стену, которая существует веками. В их просоленных морскими волнами мозгах даже не возникает мысли, что от правил можно отступить. Но вернемся к его действиям: они спасли жизни своего экипажа и встречного судна. Разборы были позже...

Эффективная организация работы на мостике с необходимостью должна включать следующие аспекты:

а) Устранение риска, при котором ошибка одной личности может привести к гибельной ситуации.

б) Уделять особое внимание необходимости исполнять надлежащее наблюдение, и выполнять повседневные меры по предотвращению столкновений.

в) Поощрять использование всех средств по определению места судна таким образом, чтобы в случае, когда один метод становится невозможным, второй немедленно был бы готов к исполнению.

г) Использовать предварительную прокладку и навигационные системы, позволяющие продолжить контроль и обнаруживать отклонение от курса, особенно, в прибрежных водах.

д) Убедиться, что все инструментальные ошибки известны и правильно учитываются.

е) Считать, что присутствие лоцмана - это полезное дополнение к команде на мостике.

Причастность человека к ошибкам. Цепь ошибок обычно происходит при осложнении внешних и внутренних факторов.

Внешние: 1-Технические поломки; 2-Ошибки обслуживания; 3-Неполнота (недостаточность) информации; 4-Ошибочная информация; 5-Организационные ошибки.

Внутренние: 1-Невнимательность и бездеятельность; 2-Безответственность установившейся практики на судне; 3-Усталость; 4-Недостаточность знаний и отсутствие системности в знаниях; 5-Передоверие и переоценка личных способностей; 6-Недостаточность тренинга.

Какие бы события не являлось причиной последовательности ошибок, мы должны эту последовательность разорвать. Но если ошибка случилась, что можно предпринять? Вам не следует ее отбрасывать, используйте ее как отрицательный опыт для себя и других. Учет таких ошибок - это полезная информация для морской безопасной практики.

Как реагировать на ошибки. Существует три типа реакции на ошибки:

Тип I. Предотвратить повторение ошибочных ситуаций.

Тип II. Если предотвратить невозможно - сведите до минимума их проявление

Тип III. Если тип II затруднен, тогда научитесь, как распознать и как избежать попадания в ошибочную ситуацию.

Аварии и их причины. Международная Конференция по Безопасности (INTASAFCON III) подтвердила, что два принципиальных фактора оказались главными при столкновениях и посадках на мель - слабая организация работы на мостике и результат такой слабости - упущение в наблюдении. Недостатки в организации работы на мостике оказались общим упущением для многих аварий. Такие аварии могли бы быть предотвращены:

- 1) Усилением вахты дополнительными людьми при необходимых обстоятельствах;
- 2) Обеспечением достаточной численности персонала, готового по первому вызову исполнять вахтенные обязанности;
- 3) Точным инструктажем Вахтенному Помощнику (ВП): при каких обстоятельствах необходимо вызывать капитана;
- 4) Выставлением впередсмотрящих;
- 5) Переходом на ручное управление рулем;
- 6) Практической отработкой перехода с автоматического на ручное управление рулем и наоборот;
- 7) Точным инструктажем о снижении скорости и переходе на маневренный режим МКО при ухудшении видимости;
- 8) Выполнением следования по предварительному курсу прокладки.
- 9) Наличием контроля за движением судна по безопасному пути (определение места);
- 10) Принятием срочных мер к возврату на курс при отклонении судна;
- 11) Взаимным контролем определения места судна независимыми методами и их сравнение.
- 12) Использованием лоцманского метода контроля (естественные створы, траверзные расстояния буев, знаков и т.д.);
- 13) Использованием эхолота при приближении к береговой черте либо в узостях;
- 14) Правильным опознанием навигационных СНО;

15) Дублированием в принятии решений другим помощником. Наибольшее число примеров аварий произошло потому, что вахтенные помощники не оценили комплексной роли своих действий в определении ситуации.

Последовательность ошибок. Аварийные случаи на море либо кораблекрушения очень редко являются результатом единственного события. Они, как правило, возникают в результате серии различных причин; их кульминации и развития последовательности ошибок.

Владение ситуацией, т.е. знание того, что происходит вокруг судна, поможет Вахтенному Помощнику (ВП) определить, что цепь ошибок развивается, потребует повышенного внимания и адекватных действий на основе точной информации, чтобы разорвать эту последовательность

Признаки развития последовательности ошибок. Определенные признаки в деятельности команды на мостике обозначают, что цепь ошибок развивается. Это еще не означает, что инцидент уже почти случился, но это говорит о том, что переход судна выполняется не по плану, а определенные элементы владения ситуацией отсутствуют. Судно вовлекается в ненужный риск, поэтому должны быть предприняты действия по устранению цепи ошибок.

Рабочая надежность команды. Вахта, зачастую, производит впечатление выполняющей пассивную роль. Вероятно, это так при определенных простейших ситуациях. Поэтому вахтенный может посчитать, что это - простая и не стрессовая форма выполнения работы. Однако, всё драматически меняется в чрезвычайных ситуациях, требующих активной деятельности, чтобы предотвратить растущую угрозу реакцией на факторы, которые могут выйти из-под контроля. Реакция на экстремальные ситуации требует высокого стандарта физических и ментальных качеств надежности человека.

Рассеянность. Полное внимание личности к одному событию исключает сосредоточенность на другом. Часто событие, не относящееся к делу, может быть признаком, что владение ситуацией начинает теряться, даже пусть на ограниченный период. Рассеянность может появляться от чрезмерной рабочей нагрузки, стрессов или усталости, аварийных условий или (что чаще) от невнимания к деталям. Рассеянность может случиться даже от неожиданностей, не угрожающих судну, как-то вызов по УКВ радиостанции, который занимает все внимание человека, исключая внимание к другим, может быть, более важным и срочным делам.

Двузначность (двоемыслие). Двузначность может быть легко определима, даже если проявляются незначительные признаки того, что события развиваются не так, как предполагалось. Например, когда независимые определения места судна - по GPS и РЛС - дают разные "точки", - очевидно какое-то из них неверно. Следует предпринять немедленные действия по устранению двузначности, определить, какое из них правильное. Еще более тонкое разночтение может появиться при различии глубин на карте и показаний эхолота. Менее добросовестный ВП только отметит этот факт, когда другой не удовлетворится этим, а попытается определить, почему появилось отличие глубин. Также может существовать разное личное мнение по принятию решения у нескольких членов вахты на мостике.

Существование двоемыслия само по себе не столько опасно, сколько означает, что оно существует и его следует понять. Один из вахтенных может потерять, либо уже потерял контроль над ситуацией и цепь ошибок начнет развиваться.

ВП могут быть известны определенные и согласованные решения, как-то: распоряжения Капитана по вахте, требования судовладельца и т.д., которые не выполняются, и снова появится двоемыслие. Почему они не были исполнены по утвержденной процедуре? Двоемыслие может быть результатом неопытности или отсутствия тренировок. Младший помощник может почувствовать, что он не вправе высказывать сомнения. Этого не должно быть. Каждый вахтенный хорошо сыгранной и

информированной команды будет чувствовать уверенность, что его сомнения или страх будут восприняты правильно, даже если он ошибся.

Моральное состояние. Деморализованная команда или даже один ее член не смогут выполнять свои обязанности согласно высоким стандартам обеспечения безопасности. Моральное состояние зависит от множества причин, но слаженная и эффективная работа коллектива улучшится, если каждый член команды ясно представляет свою роль в ней и видит результат своей деятельности, вовремя замечая недостатки своей работы и имея возможность корректировать ошибки заранее, до наступления критических моментов.

Выводы. Из выше изложенного следует, что если на судне работает хорошо налаженная система управления командой на мостике и план перехода тщательно составлен, даже самый младший и недостаточно опытный судоводитель, получит основательные знания для поддержки своих действий. Он будет уверен, что решения, которые он должен предпринять, будут безопасными. Его решения и действия будут опираться на благоприобретенные системные знания, в которых аккумулирован богатейший предшествующий опыт многих поколений моряков, что значительно уменьшит вероятность возможных ошибок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аносов А.В., Дидык А.В. Управление судном и его техническая эксплуатация. - М.; Транспорт, 1969.
2. Щетинина А.И. Управление судном и его техническая эксплуатация. - М.; Транспорт, 1975.
3. Третьяк А.Г. Козырь Л.А. Практика управления морским судном. - М.;Транспорт, 1988.
4. Соснов Э.К. Человеческий фактор на судне и на берегу. - Одесса; 2003.
5. Вахтанин Н.А. Безопасность морского судоходства. - Севастополь; ООО «Рибэст», 2007.
6. Стадниченко С.М. BRIDGE TEAM MENEGEMENT Методическое пособие. - Одесса; ОМТЦ, 1999.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ

Хуссейн Ю.М.

*Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)*

Вступление. Основным принципом управления процессом расхождения судов при их опасном сближении является локально-независимое управление, которое заключается в контроле каждым из судов текущей ситуации сближения.

В случае возникновения ситуационного возмущения его компенсация производится маневрами обоих судов, причем выбор маневра расхождения производится каждым из них независимо с учетом существующей бинарной координацией МППСС-72.

В настоящее время производятся интенсивные исследования по созданию автономных судов, для безопасного плавания которых необходима разработка системы автоматического предупреждения столкновений судов. Для функционирования такой системы следует произвести выбор способов расхождения судна с целью изменением курса или скорости. Также требуется использование комбинированных методов расхождения судна с двумя опасными целями. Анализ наиболее перспективных способов расхождения судов для формирования системы автоматического предупреждения столкновений является актуальным научным направлением, чем и обусловлена тематика статьи.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций.

Процедура выбора оптимального стандартного маневра расхождения судов рассмотрена в работе [1]. В работе [2] и исследованы принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, а также приведен анализ методов их реализации, а в работе [3] предложен метод формирования гибких стратегий расхождения.

Формализация взаимодействия судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения предложены в работе [4], а экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезмерного сближении судов предложена в работе [5].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является анализ наиболее перспективных способов расхождения судов для формирования системы автоматического предупреждения столкновений.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Для системы автоматического предупреждения столкновений необходимо рассмотреть методы расхождения трех типов:

- с одной опасной целью изменением курса судна;
- с одной опасной целью изменением скорости судна;
- с двумя опасными целями комбинированным маневром повторного изменения курса.

Рассмотрим наиболее перспективные способы упомянутых типов маневров расхождения.

В работе [2] указывается, что для предупреждения столкновения судов используется стандартный маневр расхождения изменением курса, который содержит два участка: участок уклонения с программной траектории движения, который характеризуется курсом уклонения K_y и моментом времени начала уклонения t_y , а также участок выхода на заданную (программную) траекторию движения с параметрами K_b – курсом выхода и t_b – моментом поворота на курс выхода. Заключительной характеристикой маневра расхождения является время t_k и курс K_k поворота судна с участка выхода на программную траекторию и конечный программный курс.

В работе [6] для оперативного выбора параметров маневра расхождения судна с целью предложены области недопустимых значений параметров уклонения $Q_{K,ty}$ и области $Q_{K,tb}$ допустимых значений параметров уклонения и выхода, которые показаны на рис. 1.

На рис. 1 значение курса уклонения индицируется вертикальной линией на обеих областях и выводится на информационное табло. В приводимом примере $t_y = 120$ с $K_y = 106^\circ$. Одновременно с изменением t_y на нижней области горизонтальной линией индицируется значение t_b и его значение выводится на панель, в данном примере $t_b = 310$ с. Программой также рассчитывается значение времени t_k достижения судном программной траектории движения и выводится на панель (для примера $t_k = 640$ с).

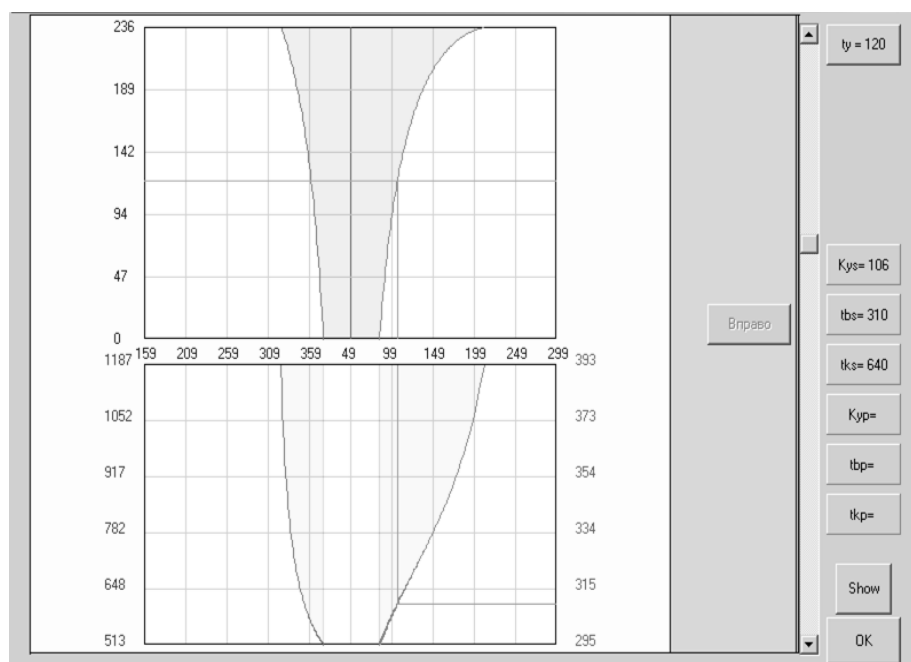


Рисунок 1 – Выбор параметров маневра расхождения

В случае необходимости выбора маневра расхождения судна снижением скорости активным или пассивным торможением, в работе [7] предложен метод формирования области Θ_{dV} и расчета ее границ, для чего была разработана компьютерная программа.

Опасная область Θ_{dV} для активного торможения показана на рис. 2, из которого следует, что при неизменном начальном курсе судна $K_1 = 140^\circ$ безопасное расхождение с целью возможно при снижении скорости активным торможением до величины 0,4 узла, т. е. практически остановкой судна.

Если судно опасно сближается с двумя целями, то для оперативного выбора параметров маневра расхождения судна в работе [8] предложено сформировать область допустимых значений последовательных курсов уклонения $\nabla_{K1,K2}$.

Граница этой области рассчитывается для курсов первого уклонения в пределах от $K_c \pm 5$ до $K_c \pm 90$, т. е. $K_{y1} \in [K_c \pm 5, K_c \pm 90]$. По условию минимальной смещенности относительно программной траектории движения судна второй курс уклонения выбирается в пределах от $K_c \mp 30$ до $K_c \mp 5$, следовательно, $K_{y2} \in [K_c \mp 30, K_c \mp 5]$.

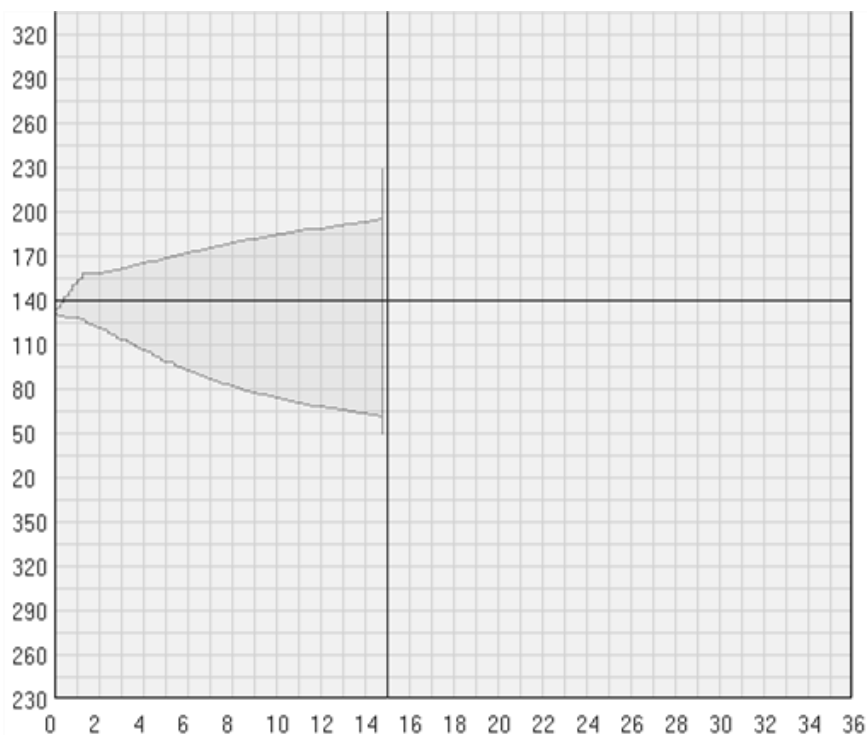


Рисунок 2 – Опасная область Θ_{dV} при активном торможении судна

Компьютерной программой была рассчитана граница области $\nabla_{K1,K2}$, которая показана на рис. 3.

Если на границе выбрать произвольную точку, как показано на рис. 3, и "кликнуть" ее, то программой выводится значения курсов и время поворота.

Относительные траектории расхождения судна с каждой из целей показаны на рис. 4.

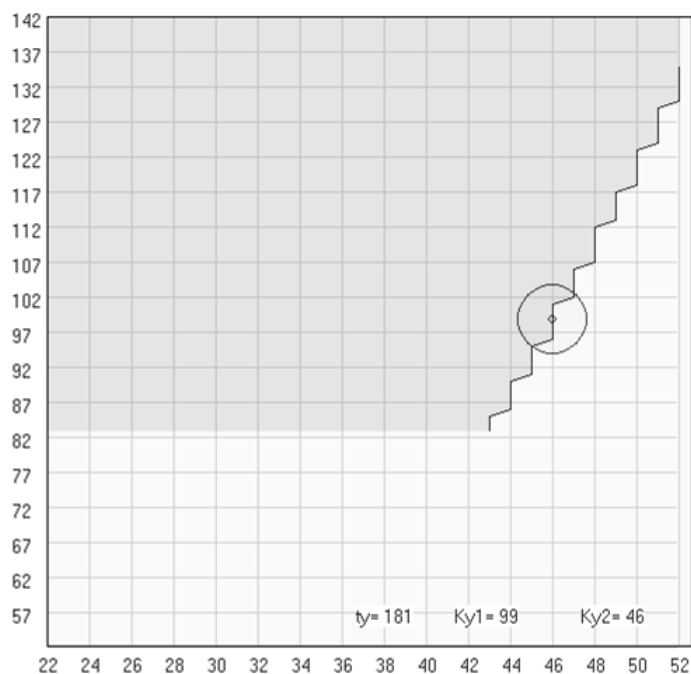


Рисунок 3 – Выбор произвольной точки границы области $\nabla_{K1,K2}$

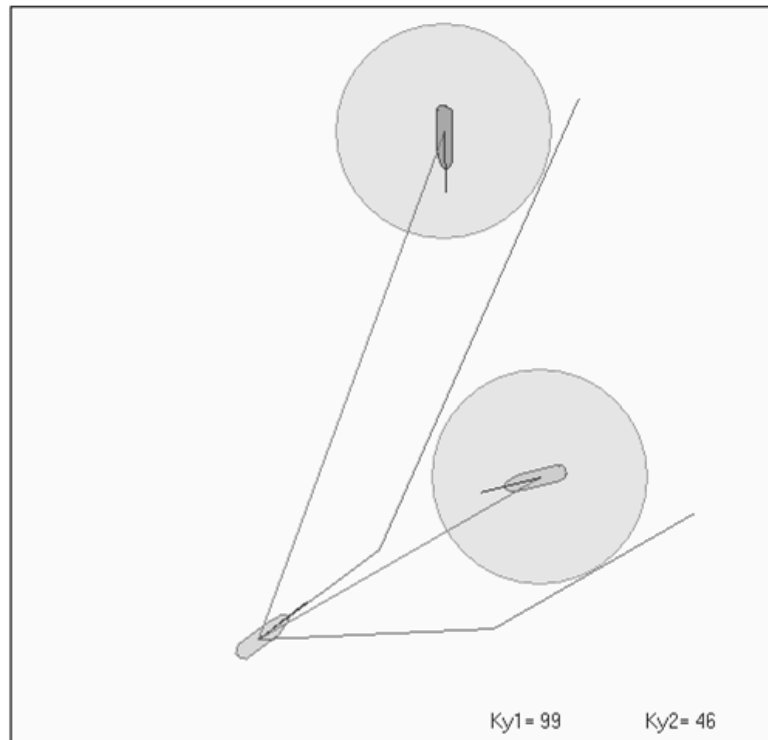


Рисунок 4 – Относительные траектории расхождения судна

Выводы. Таким образом, для локально-независимого управления рассмотрены наиболее приемлемые способы расхождения судов, которые целесообразно использовать в системе автоматического предупреждения столкновений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.
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. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
4. 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.
5. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
6. Петриченко О.А. Оперативный способ определения параметров маневра расхождения судна. / Петриченко О.А.// Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(22), Issue: 186, 2018.- С. 68-71.
7. Волков Е. Л. Использование областей недопустимых значений параметров движения судна при локально-независимом управлении процессом расхождения/ Волков Е. Л.// East European Science Journal, №11 (27), 2017, part 1.- С. 14-24.
8. Пятаков Э.Н. Способ определения безопасного маневра расхождения судна изменением курса в ситуации опасного сближения с двумя целями/ Э.Н. Пятаков, В.Э. Пятаков, Т.Ю. Омельченко// Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(18), Issue: 158, 2018.- С. 72-76.

СПЕЦИФІКА І ПРАКТИЧНА СПРЯМОВАНІСТЬ КЛАСИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ В СУДНОПЛАВСТВІ

Шумілова К.В.

*Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)*

Збільшення інтенсивності руху на морських шляхах, плавання суден в складних метеорологічних умовах та інші причини роблять проблему безпеки мореплавства найбільш пріоритетною і актуальною при оцінці сучасного стану і розвитку морського судноплавства. Значні розміри морських суден, зростання швидкостей руху, збільшення інтенсивності руху на морських шляхах, плавання суден в складних метеорологічних умовах та інші причини викликають необхідність в управлінні, мінімізації та попередженні ризиків, пов'язаних із забезпеченням безпеки мореплавства.

Основною причиною морських аварій є поломки, пошкодження або відмова двигунів і устаткування, людські помилки в системі «оператор - судно - середовище» (на них припадає більше третини або 8,8 тис. з 326 тис. інцидентів, зафіксованих за останні 10 років). В управлінні судном одночасно беруть участь кілька операторів різних спеціальностей і якість управління залежить від їх кваліфікації, вміння виконувати аналіз і синтез інформації особою, яка приймає рішення.

На основі аналізу великої кількості аварій суден можна зробити висновок, що будь-який транспортний процес неминуче пов'язаний з ризиком. У морському судноплавстві об'єктивно існує небезпека пошкодження або навіть загибелі судна, а також ризики, пов'язані з безпекою життя людей на морі.

Ризик - це «комбінація частоти і серйозності наслідків» (відповідно до Міжнародної морської організації (ІМО)), який чітко формулює дві складові: ймовірності виникнення і ймовірності серйозності різних наслідків.

Для вироблення стратегії обробки ризику судноплавна компанія може вибирати методи своєї організаційної структури, які повинні бути чітко організовані і сплановані, а також всі дії повинні бути задокументовані в інструкціях по системі управління безпекою (СУБ) або поправках для надання доказів процесу прийняття рішень. Для морського судноплавства основними факторами ризику є:

- неконтрольована людиною залежність стану морських просторів від сил природи;
- морські судна, як складні інженерні споруди, є джерелом ризику;
- небезпечні властивості вантажів, що перевозяться;
- складність системи «оператор - судно - середовище»;
- помилки або необережність операторів, зайнятих управлінням судном, або членів екіпажу в рамках їх повсякденної життєдіяльності;
- психофізіологічні особливості операторів.

Необхідність в класифікації безлічі ризиків обумовлена аналізом причинно-наслідкових зв'язків аварійності флоту і дозволяє виявити перелік і природу основних факторів ризику діяльності людини на морі та при транспортуванні вантажів.

Класифікація ризиків дозволяє комплексно ідентифікувати ризик. Для визначення реєстру ризиків можна проаналізувати всі існуючі види ризиків, щоб зрозуміти, що кожен з них означає для забезпечення безпеки мореплавства.

Під класифікацією розуміють систему взаємопов'язаних понять будь-якої галузі знання чи діяльності людини, використовувану як засіб для встановлення зв'язків між цими поняттями.

Задача загальної класифікації ризиків являє собою систематизацію безлічі ризиків на підставі якихось ознак і критеріїв.

Специфіка різних видів діяльності визначає необхідність розробки своєї класифікації ризиків в суднопластві, що відбиває не тільки специфіку, але і практичну спрямованість.

В аспекті практичної спрямованості визначення виникнення ризиків такі природні фактори, як гідрометеорологічні фактори ризику, є генератором або причиною катастроф на морі, на суші і в повітрі. Техногенні фактори ризику (наприклад, несанкціонована зупинка головного двигуна судна при плаванні поблизу небезпек) можуть стати причиною загибелі судна і людей.

Актуальністю цієї теми є те, що ризики постійно ідентифікуються і обговорюються різними міжнародними організаціями. У звіті про глобальні ризики (Global Risks Report - Всесвітній економічний форум, 2011) п'ять ризиків визначені як «ризики, що вимагають пильності». Такі ризики постійно змінюються і пов'язані з низьким ступенем впевненості, а експерти звертають увагу на те, що вони можуть мати серйозні, непередбачувані або недооцінювані наслідки.

За результатами останнього Глобального дослідження сприйняття ризиків, близько 1000 осіб, які приймають рішення, з державного сектора, приватного сектора, наукових кіл і громадянського суспільства оцінюють ризики, з якими стикається світ. Доклад про глобальні ризики 2019 року (Global Risks Report, 2019) інформує про тривожну геополітичну і гео економічну напруженість, яка не може не відбитися на судноплавній галузі.

Аналіз причинно-наслідкових зв'язків аварійності в суднопластві, а також інших транспортних засобів і технологій вантажоперевезень дозволяє визначити фактори ризику і види ризиків відповідно.

Причини виникнення ризиків дозволяють класифікувати їх за п'ятьма групами. Кожна з груп включає кілька видів ризику:

1. Природні ризики - ризик землетрусу, виникнення цунамі, зустрічі з тропічним циклоном, сходження лавин та ін.

2. Техногенні ризики - ймовірність аварії або катастрофи при експлуатації машин, механізмів, реалізації технологічних процесів. Група техногенних ризиків включає ризики: виникнення пожеж; забруднення навколишнього середовища; вихід з ладу головного двигуна (на судні), судових систем і механізмів; аварії транспортних засобів і технологічних ліній; екологічні (розлив палива, отрутохімікатів, вибухи небезпечних вантажів).

3. Експлуатаційні ризики - ризики, пов'язані з неналежною комерційною експлуатацією транспорту, транспортних суден як виробничо-технологічних об'єктів. Група експлуатаційних ризиків включає ризики: втрати / псування вантажу; простої транспортних засобів і технологічних ліній і ін.

4. Професійні (людський фактор) - недостатня кваліфікація моряків, прийняття помилкових рішень, погане знання мови, високе робоче навантаження і, як їх результат - втома, а також погіршення загального психофізіологічного стану та ін.

5. Економічні ризики - інвестиційні ризики; ризики втрати фрахту і вантажу, транспортних засобів; ризики збитків внаслідок зміни ситуації на ринках, економічних криз, помилок планування, управління та ін.

По суті ті чи інші рішення пов'язані з ризиком зустрічі з несприятливою погодою, або ризиком відмов, або ризиком прийняття неправильного рішення (наприклад, в умовах невизначеності або неповної інформації). Тому доцільно класифікацію ризиків будувати за схемою: фактори ризику - ризики - ймовірні наслідки реалізації ризику, табл. 1.

Таблиця 1 – Класифікація ризиків в логіці «чинники ризику - ризики - наслідки»

Фактори ризику	Ризики	Наслідки
Природно-кліматичні	Втрати судна, вантажу, фрахта, відмови технічних засобів	Загибель людей. Конструктивні пошкодження судна. Загибель судна. Втрата вантажу. Загибель членів екіпажу
Техногенні	Виникнення пожежі, відмова технічних засобів, пошкодження корпусу, несанкціонована зупинка головного двигуна, розлив палива та ін.	Часткове або повне руйнування судна вогнем. Посадка судна на міліну, конструктивне руйнування судна. Втрата або псування вантажу. Нездатність судна продовжити рейс
Експлуатаційні	Зниження ефективності роботи судна внаслідок порушення правил технічної та комерційної експлуатації судна. Невиконання термінів доставки вантажу	Втрати експлуатаційного часу. Втрати або псування вантажу; простої транспортних засобів і технологічних ліній та ін.
Професійні (людський фактор)	Ухвалення помилкових / неефективних управлінських рішень. Некваліфікований підхід до вирішення технічних питань, організації і виконання технічних регламентів та ін.	Зниження рівня ефективності роботи судна, виникнення аварійних ситуацій. Втрата судна, вантажу, фрахту. Пошкодження корпусу внаслідок навалу / зіткнення, посадки на ґрунт. Перекидання судна. Загибель судна і вантажу, матеріальні і фінансові втрати, пошкодження корпусу та ін.
Економічні	Неефективне вкладення або втрата інвестицій. Втрати фрахту і вантажу, транспортних засобів.	Економічні та фінансові втрати. Ризик збитків внаслідок зміни ситуації на ринках, економічних криз, помилок планування, управління та ін.

Висновки. Планування дій в надзвичайних ситуаціях, що виникають в судноплавстві базується на специфіці і практичній спрямованості класифікації ризиків, яка дозволяє організувати кризове управління на основі деталізації факторів ризику і визначенні його типів.

Практична спрямованість в класифікації ризиків дозволяє формувати план дій в надзвичайних ситуаціях і кризах (при аналогічних обставинах), який охоплює три основні етапи кризи:

1. Стабілізація, яка визначається стандартом як діяльність по обмеженню збитку, особливо на ранньому етапі дестабілізуючої події, включаючи: дії по збереженню життя людей на морі; запобігання подальшого поширення аварійних наслідків; ліквідацію джерела ризику; спілкування в системі «оператор - судно - середовище» для забезпечення стабілізації роботи судна, забезпечення безпеки життя людей і вжиття заходів щодо усунення наслідків аварійної ситуації; ліквідацію ушкоджень судна і інших руйнувань для недопущення подальшого збитку; припинення необґрунтованих витрат.

2. Продовження виконання критично важливих функцій на судні, необхідних для виживання людей і забезпечення експлуатаційної придатності судна, а також досягнення першочергових цілей транспортного процесу.

3. Відновлення - дії, такі після початку аварійної події, що вживаються з метою повернення судна до традиційного характеру управління. Таке відновлення на увазі повернення в передкризові умови мореплавання або інший стан з урахуванням можливостей і нових обставин.

Базуючись на загальній класифікації ризиків в судноплавстві з врахуванням їх специфіки та практичної спрямованості слід виділити основну вимогу - вони повинні відображати фактори, які можуть в разі збою бути загрозою для життя людей і екологічної безпеки, а також перешкодити забезпеченню належної експлуатації судна і досягненню мети транспортного процесу.

Таким чином, в класифікації ризиків замість термінології - «ризик розрізняють за джерелами впливу ...» доцільно розглядати поняття фактори ризику, тобто те, що відбиває природу виникнення ризику в логіці «чинники ризику - ризик - наслідки».

ЛІТЕРАТУРА

1. Вільський Г.Б. Логістика дослідницьких процедур інформаційної безпеки судна / Г.Б. Вільський, А.С. Мальцев // Матеріали V науково-практичної конференції [Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем], Коблево, 10 - 13 вересня 2013 р. / мпі, 2013. - С. 24-27.

2. Топалов В.П. Ризики в судоходстве / В.П. Топалов, В.Г. Торский. - Одесса: Астропринт, 2007. - 368 с.

3. Позолотин Л. А. Система управления безопасностью (СУБ) судна / Л.А. Позолотин, В.Г. Торский. - Одесса: Астропринт, 2007. - 286 с.

4. Меньшиков В.И. Модель и механизм функционирования системы управления безопасной эксплуатацией судов / В.И. Меньшиков, Кукуи Фирмин Дживо. // Вестник МГТУ: Труды Мурман. гос. техн. ун-та, 2002. - Т.5, № 2. - С. 171 - 176.

5. Александров, М.Н. Безопасность человека на море. / М.Н. Александров. - Л.: Судостроение, 1983. - 208 с.

6. Богоявленский С.Б. Теоретические и практические аспекты принятия решений в условиях неопределённости и риска / С.Б. Богоявленский. - Санкт-Петербург: СПбГЭУ, 2014. - 119 с.

7. The Review of Maritime Transport / UNCTAD, 2018. - P. 13.

8. Global Risks Report, 2019. <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019>.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ СУДОВ

Янчецкий А.В.

*Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)*

Введение. Особенно актуальной проблемой при плавании судов в стесненных водах является снижение аварийности из-за их столкновений. В случае опасного сближения судов требуется оценить ситуацию сближения и оперативно выбрать безопасный маневр расхождения, который соответствовал бы хорошей морской практике. Благодаря научно-техническому прогрессу в настоящее время разработаны различные аналитические системы предупреждения столкновений судов, что обуславливает необходимость разработки способа сравнительного анализа их эффективности. Выбранная максимально эффективная аналитическая система предупреждения столкновений судов повысит безопасность расхождения судов. Поэтому вопросы, посвященные разработке такого способа, являются актуальными, чем обоснован выбор темы статьи.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Расхождения судов в открытом море подробно и корректно формализовано в существующих работах [1-3], а учет навигационных опасностей в районе маневрирования судов рассмотрен в работах [4,5]. Работа [6] посвящена различным ситуациям сближения судов и маневрам их расхождения. Полученные в рассмотренных работах теоретические результаты характеризуют различные подходы к формализации процесса расхождения и необходим их сравнительный анализ.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является рассмотрение возможностей разработки способа сравнительного анализа эффективности аналитических систем предупреждения столкновений судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

В настоящее время разработаны и предложены к использованию различные аналитические системы предупреждения столкновений судов, которые описаны в работах

[7,8]. Для сравнительного анализа систем необходимо разработать метод оценки их эффективности, который должен характеризовать степень безопасности завершения процесса расхождения судов.

С этой целью следует рассмотреть этапы процесса принятия решения по необходимости расхождения судов при их сближении и, в случае ее наличия, выбору стратегии расхождения. Процесс принятия решения содержит следующие этапы.

1. Контроль относительных положения и параметров движения окружающих подвижных объектов (контроль окружающей обстановки).
2. Выявление ситуации сближения судов.
3. В случае сближения судов оценка степени его опасности.
4. Выбор стратегии расхождения в зависимости от степени опасности ситуации сближения.

Первый этап процесса принятия решения предусматривает выявление окружающих подвижных объектов и с помощью САРП или АИС измерение их параметров движения и относительного положения.

На втором этапе процесса принятия решения, используя параметры окружающей обстановки, необходимо рассчитать значение скорости изменения дистанции между судами, причем при ее отрицательном значении суда сближаются. Значение скорости изменения дистанции между i -м и j -м судами рассчитывается с помощью выражения:

$$\dot{D} = V_j \cos(K_j - \alpha) - V_i \cos(K_i - \alpha),$$

где K_i , V_i , K_j и V_j - параметры движения судов;

α - пеленг с i -го судна на j -е судно.

Третий этап процесса принятия решения при сближении судов предусматривает оценку степени его опасности. Для этого необходимо произвести прогноз развития ситуации сближения с начальными параметрами движения обоих судов до момента времени их кратчайшего сближения, которое характеризуется дистанцией D_{\min} .

При рассмотрении третьего этапа необходимо учесть, что с каждым из судов связывается двумерная область недопустимых позиций, называемая судовым безопасным доменом (областью), в котором нельзя допускать пребывания других судов. Домен недопустимых позиций формируется таким образом, чтобы его граница соответствовала нулевой вероятности столкновения. А каждой точке внутри этого домена соответствует некоторая отличная от нуля вероятность возникновения столкновения, причем рост вероятности столкновения судов происходит с сокращением кратчайшей дистанции между судами.

Ситуационное возмущение ω возникает при прогнозируемом попадании судов в домен недопустимых позиций. Оно выявляет грядущую опасную позицию заблаговременно, исходя из прогноза изменения относительной позиции пары судов. Следовательно, ситуационное возмущение ω возникает тогда, когда прогнозируемое значение дистанции кратчайшего сближения D_{\min} меньше значения предельно-допустимой дистанции сближения D_d , величина которой зависит от формы домена недопустимых позиций и ракурса сближения судов.

Второй характеристикой ситуационного возмущения является время запаса t_{zi} и t_{zj} для каждого из пары судов. Смысл времени запаса заключается в следующем. Если при наличии ситуационного возмущения дистанция между судами превосходит значение D_d и судно может своим маневром обеспечить максимальное значение дистанции кратчайшего сближения $\max D_{\min}$, для которого $\max D_{\min} > D_d$, то судно находится в допустимой позиции. С течением времени дистанция между судами сокращается и наступает момент времени t_{di} , когда достигается равенство $\max D_{\min} = D_d$. При дальнейшем сближении судов с программными параметрами движения $\max D_{\min} < D_d$, и судно попадает в подмножество недопустимых позиций, причем никаким маневром изменения курса оно не сможет разойтись с другим судном в дистанции D_d . Поэтому время запаса t_{zi} равно интервалу времени от текущего момента до момента времени t_{di} попадания судна в подмножество недопустимых позиций. Значение общего времени запаса t_{zij} для пары судов целесообразно выбрать из соотношения $t_{zij} = \min(t_{zi}, t_{zj})$.

Ситуационное возмущение ω может принимать три значения:

$$\omega = \begin{cases} 0, & D_{\min} > D_d, \\ 1, & D_{\min} \leq D_d, t_{zij} > 0, \\ 2, & D_{\min} \leq D_d, t_{zij} \leq 0. \end{cases}$$

В зависимости от степени опасности ситуации сближения, т. е. значения ситуационного возмущения $\omega > 0$, на четвертом этапе принятия решения следует выбрать стратегию расхождения. При этом существенным является принцип управления процессом расхождения судов: локально-независимое или полное внешнее управление. В зависимости от этого выясняется необходимость координации маневров сближающихся судов и

определяется прогноз предписанного поведения цели во время расхождения. Характер маневра расхождения также определяется значением ситуационного возмущения. В случае $\omega = 1$ предусмотрено применение стандартного маневра расхождения, а при значении $\omega = 2$, что характерно для чрезмерного сближения судов, во избежание столкновения следует использовать маневр экстренного расхождения.

Принципиально важным является число опасно сближающихся судов. В случае, когда опасно сближаются более двух судов, стратегия расхождения формируется с учетом матрицы ситуационного возмущения, которая в качестве элемента содержит значение ситуационного возмущения соответствующей пары судов.

В качестве показателя эффективности аналитических систем предупреждения столкновений судов целесообразно предложить вероятность безопасного завершения процесса расхождения P_s , которая является произведением вероятностей P_i успешного исхода этапов процесса принятия решения по выбору стратегии расхождения:

$$P_s = P_1 P_2 P_3 P_4$$

Выводы. Таким образом, рассмотрен процесс принятия решения по выбору стратегии расхождения судов, для описания которого предложено четыре этапа и предложен показатель оценки эффективности аналитических систем предупреждения столкновений судов, позволяющий произвести их сравнительную характеристику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмака И.А. Применение численных методов для расчета времени начала уклонения судна при расхождении/ Бурмака И.А. // Судовождение: Сб. научн. трудов, ОНМА. – Вып. 6. – Одесса: ФЕНІКС, 2003 – С. 27-31.
2. Сафин В.И. Использование маневра изменения скорости для предотвращения столкновения судов/ Сафин В.И., Тюпиков Е.Е. // Судовождение. – 2005. - № 10. – С. 143-147.
3. Цымбал Н.Н. Формализация МППСС-72 в части координации взаимодействия судов при расхождении/ Цымбал Н.Н. Бужбецкий Р.Ю. // Судовождение. – 2006. - № 12. – С. 124 – 129.
4. Петриченко Е.А. Учет линейной навигационной опасности при расхождении судов/ Петриченко Е.А.// Автоматизация судовых технических средств. – 2003. – № 8. – С. 72-76.
5. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов/ Цымбал Н.Н., Бурмака ИА., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
6. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / Мальцев А.С. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
7. 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.
8. 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.

СЕКЦІЯ:

***ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ***

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРЕНДОВ РОСТА МОРСКИХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Абрамов А.Д.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

Абрамов Г.С.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Вступление. Проведенный UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) анализ указывает на устойчивый рост мировых морских перевозок, который будет зависеть от дальнейшего улучшения состояния мировой экономики [1]. Вместе с тем, на графиках трендов роста грузоперевозок отчетливо виден заметный спад, связанный с мировым экономическим кризисом 2008-2009 года (рис.1). Это говорит о том, что хотя перспективы развития морских перевозок в целом представляются позитивными, существует неопределенность в отношении устойчивости экономического оживления и связанных с этим последствий для сектора морских перевозок. Такая неопределенность в значительной мере обусловлена сочетанием геополитических и экономических рисков, проводимой торговой политикой и структурными сдвигами, такими как перебалансировка экономики Китая, замедление роста глобальных производственно-сбытовых цепочек и изменения в мировом энергетическом балансе. Этому способствует также появление новых тенденций, в частности распространение цифровых технологий, которые могут изменить облик мирового судоходства, потоки и схемы морских перевозок. По-прежнему неясно, как эти факторы будут развиваться и в какой степени они будут поддерживать или сдерживать процесс оживления роста морских перевозок. Очевидно, что они потребуют дальнейшего мониторинга и оценки. Однако более пристальный анализ динамики морских перевозок по отдельным видам грузов позволяет получить более четкое представление о масштабах оживления активности.

Целью настоящей работы является построение на основе статистических данных, приведенных в [1] и [2], математических моделей, описывающих рост морского грузооборота и получение прогнозных оценок (в млрд тонно-миль и процентах) роста грузооборота по отдельным видам грузов.

Основная часть. В обзоре UNCTAD отмечается, что в 2017 году темпы роста мировых морских перевозок ускорились и достигли 4%, что является наиболее высокими темпами за последние пять лет [1]. Благодаря оживлению мировой экономики и расширению международной торговли товарами объем мировых морских перевозок достиг, по оценкам, 10,7 млрд т, причем почти половина отмеченного прироста приходилась на перевозки сухих массовых грузов. С учетом низкого исходного уровня рост перевозок наблюдался во всех сегментах рынка при наиболее высоких темпах роста в перевозках сухих массовых и контейнерных грузов. После низких темпов роста на протяжении предыдущих двух лет объем контейнерных перевозок увеличился в 2017 году на 6,4%. В то же время перевозки сухих массовых грузов возросли на 4,0% по сравнению с приростом на 1,7% в 2016 году. Поставки сырой нефти выросли на 2,4% по сравнению с 4% в 2016 году, тогда как грузооборот нефтепродуктов и газа в совокупности увеличился, по оценкам, на 3,9%. Исторически развивающиеся страны выступали основными поставщиками массовых сырьевых товаров с низкой удельной стоимостью, однако в последние годы их роль изменилась. Развивающиеся страны превратились в ведущих мировых экспортеров и импортеров. 2014 год стал рубежом, когда доля развивающихся стран в совокупном объеме выгруженных (импортных) грузов впервые превысила их долю

в общем объеме погруженных (экспортных) грузов. Это изменение подчеркивает стратегическую роль развивающихся стран как основной движущей силы мировых морских перевозок, а также свидетельствует о расширении их участия в глобальных производственно-сбытовых цепочках [3].

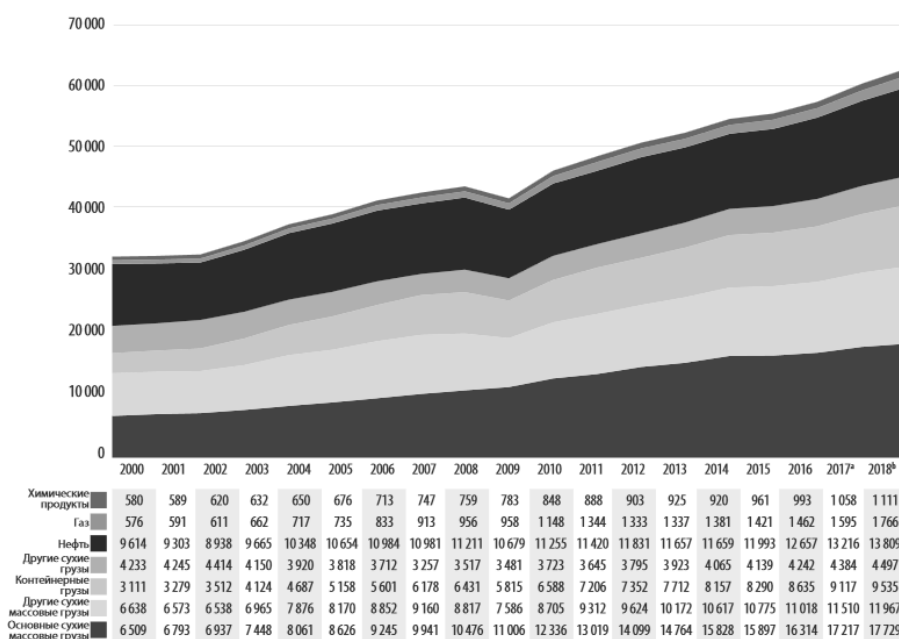


Рисунок 1 – Грузооборот морского транспорта в разбивке по видам грузов, 2000–2018 годы (млрд тонно-миль) [1]

На основе статистики Clarksons Research по грузообороту отдельных видов морских грузов морских за период с 2000-2018 годы, проведен регрессионно-корреляционный анализ и получены уравнения линейных регрессий, описывающих тренды роста грузооборота химических продуктов, наливных грузов, контейнерных перевозок, и других типов грузов.

Для химических грузов:

$$Y_1 = (549,2 \pm 9,3) + (28,777 \pm 0,885)X; R^2 = 0,984; \sigma = 21,1$$

Для газа:

$$Y_2 = (477,8 \pm 29,8) + (65,851 \pm 2,825)X; R^2 = 0,970; \sigma = 67,4$$

Для нефти:

$$Y_3 = (9207,7 \pm 180,5) + (215,95 \pm 17,13)X; R^2 = 0,903; \sigma = 408,9$$

Для контейнеров:

$$Y_4 = (3177,1 \pm 119,0) + (351,59 \pm 11,29)X; R^2 = 0,983; \sigma = 269,6$$

Для основных сухих массовых грузов:

$$Y_5 = (5591,8 \pm 194,3) + (678,37 \pm 18,44)X; R^2 = 0,988; \sigma = 440,4$$

Для других сухих грузов:

$$Y_6 = (6374,0 \pm 222,1) + (291,05 \pm 21,08)X; R^2 = 0,918; \sigma = 503,4$$

Для общего грузопотока:

$$Y_7 = (25377,7 \pm 500,3) + (1631,6 \pm 47,5)X; R^2 = 0,986; \sigma = 1133,8$$

где R^2 – коэффициент детерминации,

σ – среднее квадратичное отклонение (стандартная ошибка),

X = текущий год - 2000.

В формулах регрессии приведены стандартные ошибки коэффициентов.

Графики соответствующих регрессий приведены на рисунках 2, 3.

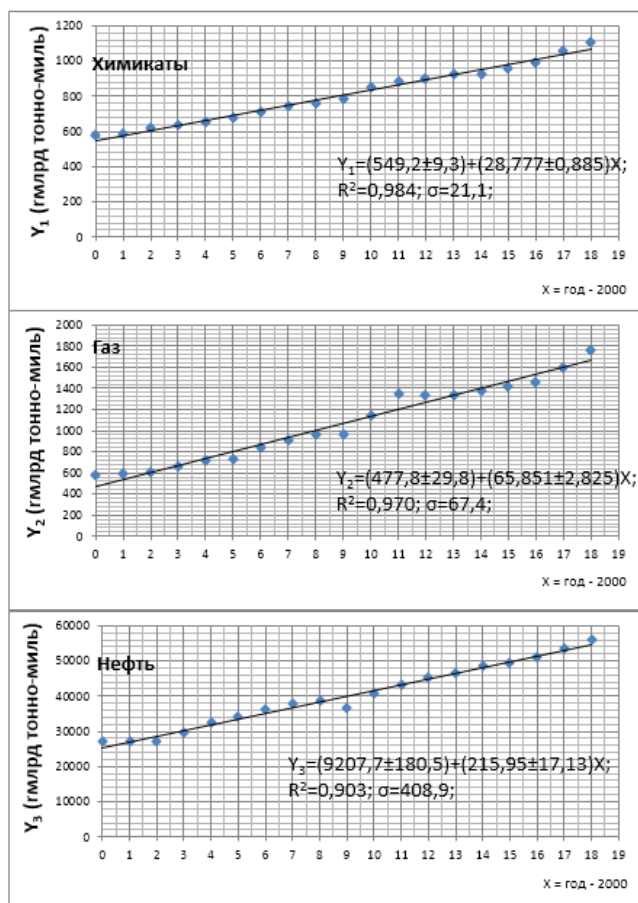


Рисунок 2 – Линейные регрессии роста грузооборота перевозок химикатов, газа, и нефти, 2000–2018 годы (млрд тонно-миль)

Видно, что все модели обладают высокой степенью адекватности, так как коэффициент детерминации близок к единице, и имеют сравнительно низкую стандартную ошибку регрессии, обеспечивающую приемлемую точность оценки.

Полученные регрессионные модели позволяют оценить ежегодный прирост грузооборота соответствующих грузов (пессимистический и оптимистический прогноз):

- для химических грузов от 27,9 до 29,7 млрд тонно-миль;
- для газа от 63 до 68,7 млрд тонно-миль;
- для нефти от 198,8 до 233,1 млрд тонно-миль;
- для контейнеров от 340,3 до 362,9 млрд тонно-миль;
- для основных сухих массовых грузов от 659,9 до 696,81 млрд тонно-миль;
- для других сухих грузов от 270 до 312,1 млрд тонно-миль.
- для общего грузопотока от 1584,1 до 1679,1 млрд тонно-миль.

На основе полученных моделей можно также осуществлять прогнозирование (экстраполяцию) объемов морских грузоперевозок на ближайшие годы. Соответствующие оценки показывают, что на период с 2019 по 2023 год объемы перевозок соответствующих видов грузов возрастут:

- для химических грузов на 2,4%-2,6%;
- для газа на 3,4%-3,8%;
- для нефти на 1,5%-1,6%;
- для контейнеров на 3,2%-3,6%;
- для основных сухих массовых грузов 3,3%-3,7%;
- для других сухих грузов: 2,3%-2,4%.
- для общего грузопотока: 2,7%-2,9%.

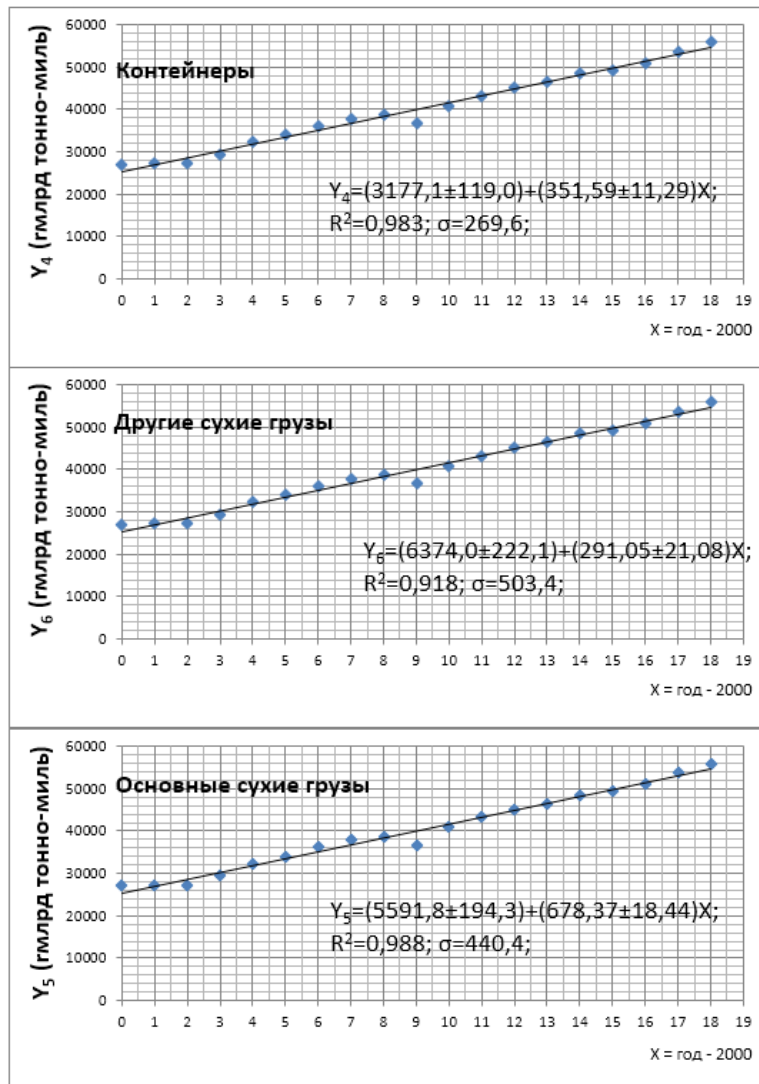


Рисунок 3 – Линейные регрессии роста грузооборота контейнеров и сухих грузов, 2000–2018 годы (млрд тонно-миль)

Выводы. Построены математические модели линейных трендов роста грузооборотов морских перевозок по отдельным видам на основе имеющейся статистики 2000-2018 год. Модели имеют высокую степень адекватности и точности, что позволяет использовать их для прогнозирования (экстраполяции) на ближайшие годы. Получены оценки (в млрд тонно-миль и процентах) прогнозируемого роста морских перевозок по отдельным видам груза.

На основе моделирования показано, что в 2019–2023 годах совокупные среднегодовые темпы роста мировых морских перевозок составят от 1,5% до 3,8%. Ожидается увеличение объема перевозок во всех секторах при наиболее быстрых темпах роста перевозок контейнерных и сухих массовых грузов. В перевозках наливных грузов также ожидается рост, хотя и немного более медленный, чем в других сегментах рынка, что соответствует наблюдавшейся ранее тенденции.

Проведенный выше регрессионный анализ основан на статистике 2000-2018 года, поэтому прогноз на последующие годы был выполнен в предположении сохранения условий их реализации. События последних месяцев (пандемия COVID-19 и связанный с ней разворачивающийся мировой экономический кризис) являются форс-мажорными обстоятельствами, которые, естественно, нарушат прогноз.

Вместе с тем, присутствующие на приведенных трендах видимые последствия экономического кризиса 2008-2009 года, показывают, что после излома кривой (более или менее глубокого спада) дальнейший рост объёмов морских грузоперевозок возобновлялся практически с той же скоростью (т. е. тангенс угла наклона прямой сохраняется).

Таким образом, после неизбежного спада объёмов морских грузоперевозок в 2020-2021 годах, можно надеяться на возобновление роста объёмов морских грузоперевозок с прежней скоростью (а в некоторых случаях и с большей, как, например, в случае газовых перевозок). Прогноз в этом случае может быть возобновлён, когда станут известны фактические объёмы спада в 2020-2021 годах.

ЛИТЕРАТУРА

1. UNCTAD Review of Maritime Transport 2018 (UNCTAD/RMT/2018) [Электронный ресурс] / United Nations Publications – Электронные данные. – [New York: United Nations Publications, 2018] – Режим доступа: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_ru.pdf (дата обращения – 28.10.2019) – Название с экрана.
2. Clarksons Research [Электронный ресурс] / [Веб-сайт] – Электронные данные. – [London: Clarksons Research Services Ltd., 2017] – Режим доступа: <https://www.crsi.com/> (дата обращения – 28.10.2019) – Название с экрана.
3. Siba E. Sow M. Strengthening regional value chains: What's the role of the African Continental Free Trade Agreement? Africa in Focus. [Электронный ресурс] / Brookings Institution – Электронные данные. – [Washington: Brookings Institution, 2018] – Режим доступа: <https://www.brookings.edu/blog/africa-in-focus/2018/03/21/strengthening-regional-value-chains-whats-the-role-of-the-african-continental-free-trade-agreement/> (дата обращения – 28.10.2019) – Название с экрана.

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Андрейцев А.Ю., Вяла Ю.Э., Клецкая Т.С., Ляшко О.В.
Государственный университет инфраструктуры и технологий
(Украина)

Введение. Задача об оптимальной загрузке транспортного средства является одной из прикладных задач, которая наглядно демонстрирует преимущества математического моделирования в процессах принятия решений в сфере транспортных перевозок. Данная задача относится к классу задач целочисленного линейного программирования.

Актуальность исследований. Поскольку расходы на транспортировку грузов – это существенный компонент их стоимости, то уменьшение транспортных расходов является важной составляющей логистической стратегии. При этом существенны не только расходы на перевозку грузов, но и максимальная загрузка транспортных средств, поскольку их количество и пропускная способность путей перевозки ограничены. Таким образом, задачи оптимизации транспортных перевозок имеют важное значение, как демонстрационное, так и в практической деятельности будущих специалистов транспортной отрасли.

Постановка задачи. В данной работе мы рассмотрим простейшую модель: задачу об оптимальной загрузке одного транспортного средства.

Предположим, что судно имеет грузоподъемность M и возможна загрузка предметов n наименований. Пусть $k_i, i = \overline{1, n}$ – количество предметов i -ого наименования, которые необходимо загрузить, C_i – прибыль, получаемая от транспортировка одной единицы предмета i -ого наименования, а m_i – его вес. Математическая модель задачи в общем случае имеет вид:

$$z = C_1 k_1 + C_2 k_2 + \dots + C_n k_n \rightarrow \max$$

при условии, что

$$m_1 k_1 + m_2 k_2 + \dots + m_n k_n \leq M, \quad k_i \geq 0, \quad i = \overline{1, n}.$$

k_i – целые неотрицательные числа.

Результаты исследований. Существует целый ряд методов решения данной задачи целочисленного программирования: графический, Гомори, ветвей и границ, динамического программирования и другие.

Применяя графический метод, мы строим область допустимых решений задачи линейного программирования без ограничений целочисленности, находим максимум функции Z и, если решение нецелочисленно, то передвигаем линию (плоскость) уровня в направлении начала координат до нахождения первой точки с целыми координатами.

Данный метод нагляден и может быть использован в качестве демонстрационного. Но его недостатком является то, что он может быть использован только в случае двух или трех типов груза ($n = 2, n = 3$). Понятно, что в реальных условиях $n > 3$.

Метод ветвей и границ один из наиболее популярных методов непрерывной и дискретной глобальной оптимизации [1,2]. В его основу положен тот факт, что для получения решения задачи оптимизации на некотором допустимом множестве решений, можно разбить это множество на подмножества, найти решение задачи на каждом из подмножеств и выбрать лучшее из них.

Главный недостаток алгоритма метода ветвей и границ состоит в необходимости полностью решать задачи линейного программирования, ассоциированные с каждой из вершин многогранника допустимых решений. Для задач большой размерности это требует значительных и неоправданных затрат времени.

Более эффективным методом решения задач целочисленного программирования, является метод Гомори [1,2,3]. По сравнению с методом ветвей и границ он требует гораздо меньшего объема вычислений, поскольку процесс решения задачи целочисленного программирования предусматривает добавление ограничения и продолжение поиска оптимума.

Недостатком данного метода является то, что в случае, когда задача имеет более чем одно решение, мы не можем найти все из них.

Более детально рассмотрим метод динамического программирования [4,5]. Обозначим через x_i суммарный вес предметов, решение о загрузке которых принято на шагах, начиная с i -го и заканчивая n -ым. Ограничение по весу является единственным, что связывает между собой n шагов принятия решения. Пусть $f_i(x_i)$ – максимальная прибыль на шагах с i по n . Таким образом, $x_i - x_{i+1}$ является весом, загруженным на i -м шаге. Отсюда $x_i - x_{i+1} = m_i k_i$ или $x_{i+1} = x_i - m_i k_i$.

Рекуррентные соотношения метода динамического программирования имеют вид:

$$f_n(x_n) = \max(C_n k_n)$$

$$f_i(x_i) = \max(C_i k_i + f_{i+1}(x_{i+1})) = \max(C_i k_i + f_{i+1}(x_i - m_i k_i)), \quad i = \overline{1, n}, \quad x_i = \overline{0, M}.$$

Данный метод является самым простым при решении задач небольшой размерности, поскольку не требует применения симплекс-метода.

Продемонстрируем это на следующем примере.

На баржу грузоподъемностью 10 весовых единиц, загружаются предметы трех наименований. $m_1 = 5$, $m_2 = 3$, $m_3 = 2$ весовых единиц; $C_1 = 46$, $C_2 = 28$, $C_3 = 18$ ден. ед.

Необходимо найти вариант загрузки, обеспечивающий максимальную прибыль.

Поскольку вес одного предмета каждого из наименований и грузоподъемность баржи M есть целые числа, то и суммарный вес x_i на каждом шаге может принимать только целочисленные значения.

Шаг 3. Вес предметов 3-го типа, который может быть загружен на 3-м шаге может быть равен 0, 2, 4, 6, 8, 10 так как $M = 10$. Максимальное количество предметов 3-го типа, которые могут быть загружены, равна 5. Это означает, что возможными значениями x_3 будут 0, 2, 4, 6, 8, 10.

Оптимальное решение на 3-м шаге находится по формуле:

$$f_3(x_3) = \max(18k_3), \quad k_3 = 0, 1, 2, 3, 4, 5.$$

Результаты вычислений приведены в таблице 1:

Поскольку x_3 не может принять значения 1, 3, 5, 7, 9, то для этих значений принимаем $f_3(x_3) = 0$. Невозможным вариантам загрузки в таблице соответствует символ «-». Например, если $k_3 = 2$, мы можем получить лишь значение $x_3 = 4$. Все другие значения совокупной массы в этом случае невозможны. В последнем столбце приведены значения k_3 , при которых прибыль является максимальной, то есть равна $f_3(x_3)$ для соответствующего x_3 .

Таблиця 1 – Шаг 3 метода динамического программирования

x_3	$18k_3$						$f_3(x_3)$	k_{3opt}
	$k_3 = 0$	$k_3 = 1$	$k_3 = 2$	$k_3 = 3$	$k_3 = 4$	$k_3 = 5$		
0	0	-	-	-	-	-	0	0
1	-	-	-	-	-	-	0	-
2	-	18	-	-	-	-	18	1
3	-	-	-	-	-	-	0	-
4	-	-	36	-	-	-	36	2
5	-	-	-	-	-	-	0	-
6	-	-	-	54	-	-	54	3
7	-	-	-	-	-	-	0	-
8	-	-	-	-	72	-	72	4
9	-	-	-	-	-	-	0	-
10	-	-	-	-	-	90	90	5

Шаг 2. Находим оптимальное решение на 2-м шаге из соотношений

$$f_2(x_2) = \max(C_2 k_2 + f_3(x_3)) = \max(28k_2 + f_3(x_2 - 3k_2))$$

Приведем результаты вычислений:

Таблиця 2 – Шаг 2 метода динамического программирования

x_2	$28k_2 + f_3(x_2 - 3k_2)$				$f_2(x_2)$	k_{2opt}
	$k_2 = 0$	$k_2 = 1$	$k_2 = 2$	$k_2 = 3$		
0	0+0=0	-	-	-	0	0
1	-	-	-	-	0	-
2	0+18=18	-	-	-	18	0
3	-	28+0=28	-	-	28	1
4	0+36=36	-	-	-	36	0
5	-	28+18=46	-	-	46	1
6	0+54=54	-	56+0=56	-	56	2
7	-	28+36=64	-	-	64	1
8	0+72=72	-	56+18=74	-	74	2
9	-	28+54=82	-	84+0=84	84	3
10	0+90=90	-	56+36=92	-	92	2

Шаг 1.

$$f_1(x_1) = \max(C_1 k_1 + f_2(x_2)) = \max(46k_1 + f_2(x_1 - 3k_1))$$

Находим теперь оптимальное решение:

Из последней таблицы видим, что на первом этапе максимальную прибыль (92 ден. ед.) можно получить при $x_1 = 10$ весовых единиц. Оптимальная загрузка предметов 1-го типа $k_1 = 0, 1$ или 2. Если на 1-м шаге загрузить 0 предметов, то на два следующих шага останется груз $x_2 = 10$ весовых единиц, для которого оптимальным является загрузка двух предметов 2-го типа (см. таблицу 2). Эта загрузка оставит на 3-й шаг груз $x_3 = 10 - 2 \cdot 3 = 4$ весовые единицы. Из первой таблицы убеждаемся, что при $x_3 = 4$, оптимальным вариантом будет загрузка двух предметов 3-го типа.

Таблиця 3 – Шаг 1 метода динамического программирования

x_1	$46k_1 + f_2(x_1 - 3k_1)$			$f_1(x_1)$	k_{opt}
	$k_1 = 0$	$k_1 = 1$	$k_1 = 2$		
0	0+0=0	-	-	0	0
1	-	-	-	0	-
2	0+18=18	-	-	18	0
3	0+28=28	-	-	28	0
4	0+36=36	-	-	36	0
5	0+46=46	46+0=46	-	46	0,1
6	0+56=56	-	-	56	0
7	0+64=64	46+18=64	-	64	0,1
8	0+74=74	46+28=74	-	74	0,1
9	0+84=84	46+36=82	-	84	0
10	0+92=92	46+46=92	92+0=92	92	0,1,2

Таким образом, первым оптимальным решением является загрузка 2-х предметов 2-го и двух предметов 3-го типа.

Если на 1-м шаге загрузить 1 предмет, то на два следующих шага останется груз $x_2 = 10 - 5 = 5$ весовых единиц, для которого, как видно из таблицы 2, оптимальным является загрузка одного предмета 2-го типа. Эти загрузки оставят на 3-й шаг груз $x_3 = 5 - 3 = 2$ весовые единицы. Из первой таблицы убеждаемся, что при $x_3 = 2$ оптимальной загрузкой будет загрузка одного предмета 3-го типа.

Вторым оптимальным решением является загрузка по одному предмету каждого типа.

Если же на 1-м шаге загрузить 2 предмета, то на два последующих шага останется груз $x_2 = 10 - 2 \cdot 5 = 0$ весовых единиц, то есть третьим возможным оптимальным решением является загрузка двух предметов 1-го типа.

Таким образом, максимальная прибыль: 92 ден. ед. может быть получена при применении одной из трех стратегий:

1. $k_1 = 0, k_2 = 2, k_3 = 2, x_1 = 10$ весовых единиц;
2. $k_1 = 1, k_2 = 1, k_3 = 1, x_1 = 10$ весовых единиц;
3. $k_1 = 2, k_2 = 0, k_3 = 0, x_1 = 10$ весовых единиц.

Отметим, что при использовании метода ветвей и границ мы вынуждены будем решить одиннадцать задач линейного программирования. Что же касается метода Гомори, то необходимо будет решить четыре задачи линейного программирования, кроме того применение стандартного алгоритма симплекс-метода не позволяет нам найти второе из приведенных выше решений.

Выводы. Из изложенного выше мы делаем вывод, что метод динамического программирования является наиболее эффективным. Однако следует отметить, что при решении задачи оптимальной загрузки нескольких транспортных средств, его эффективность значительно уменьшается. Кроме того, его применение осложняется при решении задач многокритериальной оптимизации, когда мы имеем несколько целевых функций (критериев оптимизации).

ЛИТЕРАТУРА

1. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. – Москва: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.: ил.

2. Гончаренко Я.В. Математичне програмування. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2010. – 184 с.

3. Моделювання та методи оптимізації транспортних процесів: навч. посіб./ Андрейцев А.Ю., Вяла Ю.Е., Гейлик А.В., Клецька Т.С., Кліндухова В.М., Крюков М.М., Ляшко О.В., Чабак Л.М. – К.: ДУІТ, 2020. – 117 с.

4. Карагодова О.О., Кігель В.Р., Рожок В.Д. Дослідження операцій. – К.: Екомен, 2007. – 256 с.

5. Дослідження операцій в транспортних системах: навч. посіб./ Андрейцев А.Ю., Вяла Ю.Е., Гейлик А.В., Клецька Т.С., Кліндухова В.М., Крюков М.М., Ляшко О.В., Чабак Л.М. – К.: ДУІТ, 2020. – 136 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ

Бень А.П., Федоров А.І.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Контейнерні перевезення - економічний і надійний спосіб транспортування великих партій товарів. Перевезення вантажу у контейнерах має ряд переваг, головна з яких - відсутність перевантажень товару при зміні транспортного засобу. Завдяки цьому досягається значна економія коштів при можливості гнучкого і ефективного поєднання різних видів транспорту в процесі доставки вантажу. До переваг морських контейнерних перевезень також можна віднести низьку, в порівнянні з більшістю інших видів транспорту, собівартість перевезень, велику вантажопідйомність морських суден, що дозволяє перевозити значні партії вантажу, а також практично необмежену пропускну здатність морських шляхів [1].

Контейнерні перевезення, що здійснюються морським транспортом відрізняються високим рівнем безпеки оскільки сучасні контейнери мають міцну конструкцію і достатню герметичність [2]. Проте, розвантаження і завантаження контейнерів – складна операція, що вимагає використання спеціальної техніки, кваліфікованих операторів і застосування спеціалізованих програмних засобів.

При плануванні контейнерних перевезень часто виникають проблеми пов'язані з раціональним розміщенням вантажу на судні, що забезпечує ефективність операцій навантаження-розвантаження в портах маршруту, з об'ємом і вагою вантажу, що перевозиться, а також з дотриманням обмежень при розміщенні його в трюмах і на палубі відповідно до вимог безпеки судна [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з важливих складових проблеми підвищення ефективності та безпечності морських контейнерних перевезень є процеси навантаження та вивантаження контейнерів, у ході яких виникає актуальна проблема розміщення вантажу на судні або терміналі таким чином, щоб він займав точне місце і не піддавався додатковій перестановці (шіфтіngu) на судні, з судна на берег, з берега на судно [15].

Приймаючи до уваги той факт, що сучасний контейнеровоз зазвичай перевозить кілька тисяч контейнерів, а оптимізаційна задача динамічного програмування є NP-повною, розв'язання її традиційними методами вкрай ускладнено.

В ході аналізу робіт, присвячених створенню моделей і алгоритмів розміщення контейнерів на судні і терміналі, було визначено, що для вирішення подібних завдань використовуються, в основному, евристичні підходи, а саме: ітераційний локальний пошук [4]; спрямований локальний пошук [5]; пошук зі змінною околицею [6]; імовірнісний жадібний алгоритм [7,8]; еволюційний алгоритм [9]; генетичний алгоритм [9]; алгоритм оптимізації мурашиної колонії [12]; імітація відпалу [13]; пошук із заборонами [14,16].

Порівняльний аналіз досліджень, проведених різними авторами, показує, що ефективним методом вирішення проблеми є комбінований двохетапний підхід, заснований на формуванні субоптимального плану завантаження контейнеровозу з використанням методу гілок і меж з послідовним застосуванням методу пошуку із заборонами. При цьому також з'являється можливість її додаткового уточнення і ускладнення шляхом введення додаткових обмежень по вазі, розмірам контейнерів, та заздалегідь визначеним місцям розташування окремих груп контейнерів на судні, наприклад рефрижераторних.

Постановка задачі дослідження. Метою дослідження є розробка математичної моделі завантаження судна-контейнеровозу, що забезпечує зменшення впливу «шіфтінга» контейнерів та зменшує витрати часу на формування вантажного плану судна.

Розв’язання задачі. Формування вантажного плану контейнеровозу - складна комбінаторна задача, складність розв’язання якої залежить від місткості судна (заданого кількістю одиниць 20-ти футових контейнерів - TEU) та кількості контейнерів, що завантажуються-вивантажуються у кожному порту призначення (ПП). Проблема суттєво ускладнюється для випадку здійснення мультипортових перевезень. Оптимізація вантажного плану контейнеровозу також ускладнюється необхідністю враховувати «шифтинг» контейнерів при русі через декілька портів. Визначення оптимального розподілу конкретних контейнерів за місцями їх розміщення навіть для декількох портів є обчислювально-складною проблемою і не вирішується повним перебором можливих варіантів розміщення за прийнятний проміжок часу [17].

Субоптимальне розміщення контейнерів може бути знайдено за прийнятний проміжок часу у випадку застосування комбінованих евристичних методів, один з яких розроблено в роботі.

Для зниження обчислювальної складності процесу формування вантажного плану контейнеровозу пропонується розділити цей процес на два етапи: стратегічне планування карго-плану та тактичне планування.

Під час стратегічного планування групи контейнерів розміщуються блоками, в яких місця розміщення контейнерів, що відповідають кришкам люків, згруповані разом (рис. 1. та рис. 2 (а)).

Під час тактичного планування конкретні контейнери розміщуються в конкретні місця всередині блоків, визначених на етапі стратегічного планування (рис. 2(б)).

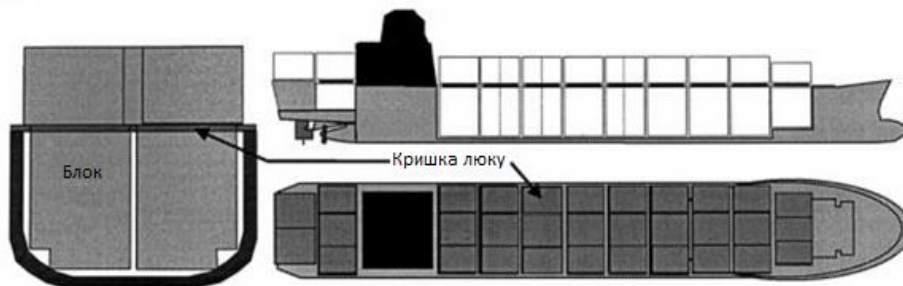


Рисунок 1 – Розбиття вантажного простору контейнеровозу на окремі блоки

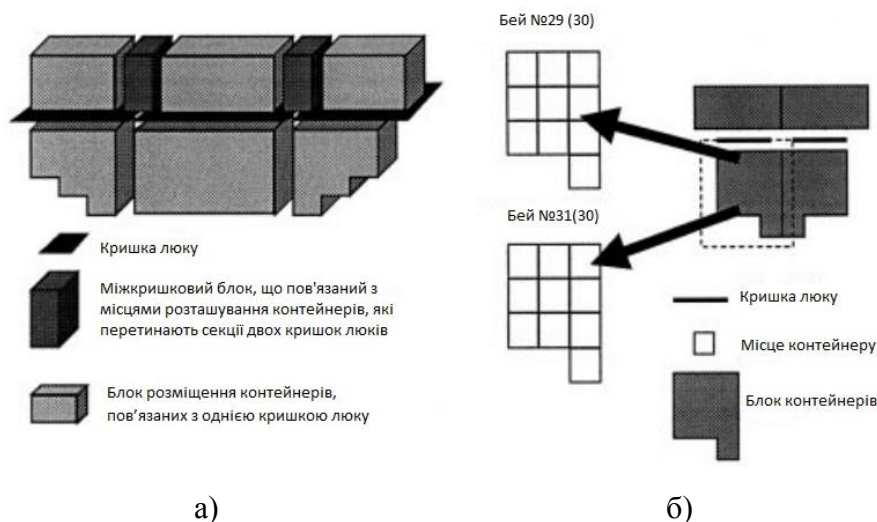


Рисунок 2 – Взаємозв’язок між блоками, кришками люків та місцями розміщення контейнерів

Процес стратегічного планування забезпечує узагальнений вигляд карго-плану в кінці процесів розвантаження і завантаження у кожному ПП.

Під час тактичного планування точно визначається місце контейнера, яке він буде займати у порту призначення. Це дозволяє уникнути обчислювальних складнощів, пов'язаних з початковим розміщенням усіх контейнерів в загальному контейнерному масиві контейнеровозу. Кожен блок складається з кількох місць розміщення, розташованих в межах однієї кришки люку (групування по ширині) так, як це показано на рис. 2(б). Таким чином формується бей-план судна.

Завданнями етапу стратегічного планування є наступні:

- мінімізувати кількість вантажних місць, зайнятих в кожному ПП;
- максимізувати кількість кранів, що здійснюють вантажні операції в кожному ПП;
- мінімізувати кількість кишок люків, що переміщуються;
- мінімізувати кількість повторних переміщень;
- мінімізувати кількість блоків, зайнятих контейнерами.

Тактична оптимізація вантажного плану контейнеровозу здійснюється із застосуванням методу пошуку із заборонами. Відбувається ітераційний процес пошуку рішення з найбільш придатних розміщень контейнерів на судні. При цьому для варіанта розміщення контейнерів s в усьому контейнерному просторі судна, множина $M(s)$ представляє собою множину припустимих переміщень m , які можуть бути застосовані до розміщення s з метою отримання нового розміщення $s' = s \otimes m$, що дає $N(s) = \{s' | \exists m \in M(s) \text{ де } s' = s \otimes m\}$. Такі переміщення здійснюються з метою знаходження субоптимального розміщення контейнерів, виходячи з мінімізації цільової функції f .

Розроблена математична модель застосована при створенні прототипу автоматизованої системи управління вантажними операціями контейнеровозів (АСУВОК), яка здатна істотно полегшити контроль за завантаженням / вивантаженням судна.

Структура АСУВОК наведена на рисунку 3. При заході контейнеровоза (3) в порт здійснюється підключення по мережі WiFi (2) судової системи управління завантаженням контейнеровоза (5) до мережі Інтернет, до якої також підключені комп'ютери (4) причальних контейнерних кранів (1). Відбувається реєстрація в мережі і план завантаження судна відображається на комп'ютері перевантажувача. Піднятий контейнер розміщується портовим краном в задану позицію, і інформація про його розміщення надходить в судову інформаційну систему.

Відмінними рисами розробленої автоматизованої системи є її відносно невелика вартість, а також орієнтованість до застосування на фідерних перевезеннях (особливістю фідерних перевезень є мультипортовість та невелика кількість контейнерів на судні: 600-1200). Кількість програмних продуктів, що забезпечують вирішення даного класу задач на поточний момент часу обмежена.

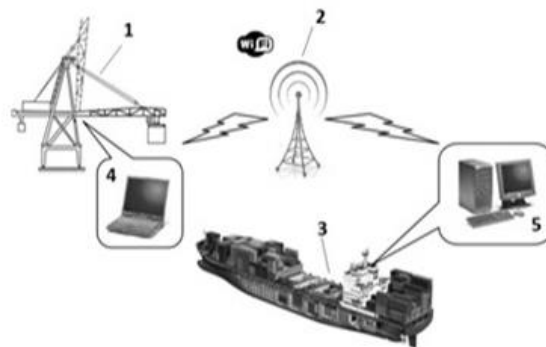


Рисунок 3 – Структура АСУВОК

Структура АСУВОК : 1 – портовий кран; 2 - станція WiFi; 3 - контейнеровоз; 4 - ноутбук в кабіні портового крану; 5 - суднова система управління завантаженням судна.

Висновки. Підводячи підсумки проведеного аналізу наукових досліджень вітчизняних та закордонних авторів у зазначеній галузі, було з'ясовано, що питання створення автоматизованих систем управління процесами завантаження-вивантаження контейнеровозів є актуальною науковою проблемою сьогодення, яка потребує вирішення з урахуванням нагальних поточних потреб морської індустрії.

Розробка таких систем потребує створення нових моделей та методів оптимізації процесу складання вантажного плану типу контейнеровозу. Аналіз, який проведено у даній роботі, дозволив розробити власну модель і алгоритм розміщення контейнерів на судні, що оптимізує процес складання вантажного плану судна та сприяє підвищенню безпеки контейнерних перевезень.

Застосування пропонованого підходу до побудови вантажного плану контейнеровозу дозволяє поліпшити економічні показники виконання судном рейсу за рахунок зменшення часу виконання вантажних операцій та тривалості стоянки судна в портах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Николаева Л.Л., Цимбал Н.Н. Морские перевозки: Учебник. / Л.Л. Николаева, Н.Н. Цимбал. // Одесская национальная морская академия. – Одесса : Феникс, 2005. – 425 с. – 25 лист. ил.
2. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. – 4-е издание, переработанное и дополненное / В.И. Снопков. – СПб: НПО «Профессионал», 2006. – 500 с.
3. Zhan Bian, Qianqian Shao, Zhihong Jin (Optimization on the container loading sequence based on hybrid dynamic programming), 2015.
4. Wenbin Hu, Zhengbing Hu, Lei Shi, Peng Luo and Wei Song (Combinatorial optimization and strategy for ship stowage and loading schedule of container terminal), 2012.
5. Устинов Р.Г. Анализ критериев составления грузового плана морского судна-контейнеровоза. / Р.Г. Устинов, В.В. Днепровский. // Вестник Приазовского Державного Техничного Университета – Вып. № 15, 2005.
6. Ambrosino, D., Anghinolfi, D., Paolucci, M. and Sciomachen, A. (2010) 'An experimental comparison of different heuristics for the master bay plan problem', Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 6049. – Pp.314–325.
7. Avriel, M., Penn, M. and Shpirer, N. (2000) 'Containership stowage problem: complexity and connection to the coloring of circle graphs', Discrete Applied Mathematics. – Vol. 103, Nos. 1–3. – Pp.271–279.
8. Blum, C. and Roli, A. (2003) 'Metaheuristics in combinatorial optimization overview and conceptual comparison', ACM Computing Surveys. – Vol. 35, No. 3. – Pp.268–308.
9. Dubrovsky, O., Levitin, G. and Penn, M. (2002) 'A genetic algorithm with a compact solution encoding for the containership stowage problem', Journal of Heuristics. – Vol. 8, No. 6. – Pp.585–599.
10. Fan, L., Low, M.Y.H., Ying, H.S., Jing, H.W., Min, Z. and Aye, W.C. (2010) 'Stowage planning of large containership with tradeoff between crane workload balance and ship stability', Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computers Scientists. – Vol. III. – Pp.1–7.
11. Imai, A., Sasaki, K., Nishimura, E. and Papadimitriou, S. (2006) 'Multi-objctive simultaneous stowage and loading planning for a container ship with container rehandle in yard stacks', European Journal of Operational Research. – Vol. 171, No. 3. – Pp.373–389.
12. Michalewicz, Z. (1996) Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, 3rd ed., Springer-Verlag, London, UK.

13. Ribeiro, C.M., Azevedo, A.T. and Teixeira, R.F. (2010) 'Problem of assignment cells to switches in a cellular mobile network via beam search method', WSEAS Transactions on Communications. – Vol. 9, No. 1. – Pp.11–21.
14. Sciomachen, A. and Tanfani, E. (2007) 'A 3D-BPP approach for optimizing stowage plans and terminal productivity', European Journal of Operational Research. – Vol. 183, No. 3. – Pp.1433–1446.
15. Vacca, I., Bierlaire, M. and Salani, M. (2007) 'Optimization at container terminals: status, trends and perspectives', 7th Swiss Transportation Research Conference, September. – Pp.1–21.
16. Valente, J.M.S. and Alves, R.A.F.S. (2005) 'Filtered and recovering beam search algorithm for the early/tardy scheduling problem with no idle time', Computers & Industrial Engineering. – Vol. 48, No. 2. – Pp.363–375.
17. Wilson, I. and Roach, P.A. (1999) 'Principles of combinatorial optimization applied to container-ship stowage planning', Journal of Heuristics. – Vol. 5, No. 4. – Pp.403–418.

РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОЇ СТРУКТУРИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ САМОХІДНОГО ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА ТРАНСПОРТНОГО ТИПУ

Войтасик А.М.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Підводне транспортування та установка корисних вантажів (КВ) на морському дні вважається однією з технологічно складних задач за реалізацією [1]. Вплив зовнішніх збурюючих чинників при виконанні подібної роботи може суттєво ускладнювати виконання такої підводної місії. Тому найбільш ефективним технічним засобом для такої місії є застосування самохідних прив'язних підводних апаратів транспортного типу (СППА-Т) з високоефективною системою автоматичного керування. Одним з представників такого виду техніки є підводний апарат проекту «Вантажний самохідний підводний носій» (ВСПН), призначений для транспортування, установки та згортання КВ на морському дні. СППА-Т приводиться в рух застосуванням восьми однотипних електрорушійних пристроїв (ЕРП), розміщених на борту апарата. Таке технологічне рішення має суттєвий вплив на динаміку руху апарата, якість його маневрування в товщі води та можливості застосування при подоланні сил збурюючих впливів на його корпус.

Живлення та керування ЕРП СППА-Т реалізується застосуванням кабель-тросу (КТ). Корінний кінець КТ закріплюється на судні-забезпечені (СЗ). Таким чином, формується система гнучких і твердих тіл «СЗ – КТ – СППА-Т». Дана система взаємодіє між своїми складовими елементами та навколишнім середовищем [2].

Узагальнена структура математичної моделі (ММ) СППА-Т представляє собою взаємодію вхідних та вихідних модулів складових елементів апарата (рис. 1)

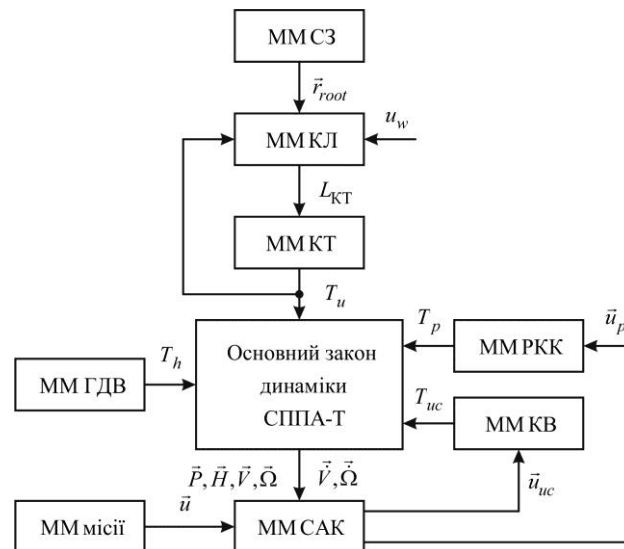


Рисунок 1 – Узагальнена структура ММ СППА-Т

До складу узагальненої структури ММ СППА-Т увійшли наступні ММ:

- судна-забезпечення;
- кабельної лебідки (КЛ);
- кабель-тросу;
- основного закону динаміки СППА-Т;
- гідродинамічних впливів (ГДВ);
- місії;

- системи автоматичного керування (САК);
- рушійно-кормового комплексу (РКК);
- корисного вантажу.

Керуючим впливом для САК рухом СППА-Т у просторі є вектор-рядок \vec{u} , який визначає кути прикладання сил ЕРП під час виконання місії апарата і змінюються в залежності від режиму його роботи R_i :

$$\vec{u} = f(R_i).$$

Елементи матриці моментів і сил T , тобто вектори \vec{F} та \vec{M} , утворюються за принципом суперпозицій [3]:

$$T = T_h + T_u + T_p + T_{uc},$$

де T_h – матриця гідродинамічних моментів і сил; T_u – матриця моментів і сил від КТ; T_p – матриця моментів і сил РКК; T_{uc} – матриця моментів і сил КВ.

Складові елементи даних матриць визначаються проекціями на осі зв'язаної системи координат (ЗСК).

З метою дослідження роботи САК СППА-Т у моделюванні руху самого СЗ не має необхідності. Достатньо враховувати лише координати корінного кінця КТ, розміщеного на СЗ. Дані координати задаємо в функції часу t у вигляді радіус-вектора $\vec{r}_{root}(t)$, який бере свій початок у базовій системі координат (БСК).

Також, вхідним сигналом узагальненої структури ММ СППА-Т є параметр uw , який являє собою керуючий сигнал для ЕРП КЛ представлений блоком ММ КЛ. При додатніх значеннях цього параметра КЛ збільшує довжину випущеної частини КТ ЛКТ, при від'ємних зменшує. При нульовому значенні параметра uw довжина випущеної частини КТ не змінюється.

Блок ММ КТ визначає динаміку руху гнучкого зв'язку, який є визначальним для блоку основного закону динаміки СППА-Т [4]. Вихідні параметри блоку демонструють положення \vec{P} , орієнтацію \vec{H} , поступальну \vec{V} та обертальну $\vec{\Omega}$ швидкості, а також їх прискорення $\vec{\dot{V}}, \vec{\dot{\Omega}}$. На основі цієї інформації ММ САК формує сигнали керування \vec{u}_{uc} ММ КВ та \vec{u}_p ММ РКК.

Висновок. Відповідно до складу системи гнучких і твердих тіл «судно-забезпечення – кабель-трос – самохідний прив'язний підводний апарат транспортного типу» розроблено узагальнену структуру математичної моделі об'єкта дослідження з метою подальшого синтезу системи автоматичного керування просторовим рухом апарата в умовах невизначеності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блінцов, В.С., Войтасик, А.М. Підводна роботизована технологія установки корисного вантажу на морське дно. Міжнародний науково-виробничий журнал «Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія». 2016. – К.: КНУБА №4. С. 50-59.
2. Войтасик, А.М. Удосконалення математичної моделі просторового руху вантажного самохідного підводного носія. Науковий вісник Херсонської державної морської академії. 2018. № 2(19). С. 14-24.
3. Вагущенко, Л.Л. (2007). Системы автоматического управления движением судна (3-е изд., перераб. и доп.). – Одесса: Феникс.
4. Blintsov, O.V., Burunina, Zh. Yu, Voitasyk, A.M. Improvement of the inverse dynamics method for high-precision control of nonlinear objects under conditions of uncertainty. «Eastern-European Journal of Enterprise Technologies». 2019. № 2/2(98). P. 55-62.

ДИНАМІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМ ГТД З НЕЙРОННИМ РЕГУЛЯТОРОМ

Єнчев С.В.

*Національний авіаційний університет
(Україна)*

Вступ. Розглянемо авіаційний газотурбінний двигун, що має декілька незалежних управляючих впливів [1]. Це можуть бути витрата основного палива, витрата форсажного палива, зміна площі перетину реактивного сопла, поворот лопаток направляючих апаратів тощо, що дає можливість регулювати такі двигуни по декільком параметрам, тобто реалізовувати багатовимірний закон регулювання.

Відомо [1], що двигун як об'єкт керування може бути описаний системою диференціальних рівнянь. У векторному вигляді вона записується наступним чином:

$$\dot{X}(t) = F(X, U), \quad (1)$$

де X, U - вектори з компонентами x_i і u_i відповідно, $X(t)$ - називається вектором стану, він визначає стан системи в момент часу t , $u(t)$ - називається вектором управління. Їх розмірності можуть збігатися або бути різними, F - векторна функція.

Вектори $X(t), U(t)$ можуть змінюватися лише в деякій допустимій області

$$\begin{aligned} X(t) &\in Q_x, \\ U(t) &\in Q_u. \end{aligned} \quad (2)$$

Область Q_x називається фазовим обмеженням, а Q_u - обмеження на управління. У початковий момент часу t_0 система знаходиться в стані $X_0 = X(t_0)$. Необхідно перевести систему в стан X_k , яке визначається програмою регулювання, за мінімально можливий час і з заданою якістю перехідних процесів (величиною перерегулювання).

Класична теорія оптимального управління стверджує, що управління $u(t)$ повинно бути вибрано з умови мінімуму інтеграла [2]

$$J(u) = \int_0^{\infty} \Phi(u) dt. \quad (3)$$

Функція $u(t)$, яка задовольняє всім обмеженням, забезпечує досягнення мети управління і доставляє мінімальне значення інтегралу $J(u)$, називається оптимальним управлінням. Вирішення даного завдання, тобто синтез еталонних САК можна здійснювати, використовуючи наступні основні теоретичні методи: 1) варіаційне числення; 2) принцип максимуму; 3) динамічне програмування. Проте їх застосування для інженерного проектування САК ГТД обмежується низкою наступних обставин.

Класичний метод варіаційного числення [2] може бути застосований, якщо в задачі оптимального управління відсутні обмеження на змінні стану та управління. При наявності обмежень у вигляді рівності зазвичай використовують метод множників Лагранжа і метод обмежених варіацій. Однак той факт, що обмеження мають звичайно форму нерівностей, вимагає в загальному випадку введення перетворень нелінійних функцій, щоб звести задачу до обмеження у вигляді рівності, що може значно ускладнити рішення. Причиною серйозних ускладнень може бути і та обставина, що оптимальний вектор може належати і межі допустимої області. І, нарешті, те, що рішенням оптимальної задачі часто є кусково-неперервні функції $u(t)$ зі скінченним числом точок розриву першого роду, робить рішення задачі звичайним класичним методом неможливим [3].

Принцип максимуму [3], що дає необхідні умови оптимальності для задач з обмеженнями на керування, ефективний тільки для простих за своєю конструкцією

двигунів, що описуються системою рівнянь не вище другого порядку. Підвищення порядку системи управління призводить до того, що рішення стає дуже складним, оскільки умови трансверсальності і початкові умови знову приводять до точкової задачі. Рішення ще більш ускладнюється в задачах з обмеженнями у вигляді нерівностей.

Метод динамічного програмування [3] застосовується для об'єктів будь-якого порядку і успішно справляється з обмеженнями на управляючий вплив. Оптимізація в "великому" за глобальними критеріями для ефективного досягнення на кожному етапі функціонування системи головної мети при дотриманні безлічі обмежень можлива при вираженні головної мети у вигляді мінімізації цільової функції. Формально для цього достатньо під цільовою функцією мати на увазі функцію, рівну нулю при досягненні головної мети, і позитивну в інших випадках [4]. Ця обставина, а також наявність швидкодіючих обчислювальних машин в системі управління ГТД, спонукає досліджувати можливість застосування чисельних методів оптимізації цільової функції для синтезу інтелектуальної САК ГТД у реальному масштабі часу. З багатьох переваг такого підходу до синтезу САК ГТД можна назвати наступні [4]:

- 1) застосовність для багатьох типів ГТД з будь-яким числом управляючих органів;
- 2) використання нелінійних моделей ГТД та ГМЧ заданого порядку;
- 3) чисельні алгоритми оптимізації ефективно справляються з обмежуючими нерівностями, що дозволяє проектувати багатофункціональні системи з нелінійними оптимальними законами управління для всіх режимів роботи двигуна;
- 4) є можливість при синтезі оптимальних управлінь враховувати реальні характеристики двигуна;
- 5) алгоритми чисельної оптимізації при завданнях з порівняльним числом управляючих впливів не вимагають більшого обсягу пам'яті БЦОМ для своєї реалізації в порівнянні з існуючими САК;
- 6) процедура проектування максимально формалізована.

Цифровий регулятор, спроектований на основі цього підходу, в основному, являє собою алгоритм, що здійснює формування цільової функції і визначення вектора управлінь чисельними методами оптимізації в реальному масштабі часу з необхідною частотою видачі управляючих впливів. Обґрунтуванням синтезу оптимальних інтелектуальних САК ГТД, як систем з локально-оптимальними управліннями дають чисельне рішення задачі оптимізації, що розширює їх область застосування; ці системи володіють асимптотичною подібністю зі строго оптимальними рішеннями [5], тобто практично не відрізняються від оптимальних систем при малих збуреннях.

Нехай об'єкт керування має m незалежних керуючих впливів і на систему управління покладається завдання виконувати m програм регулювання (у найпростішому випадку це підтримка постійних значень для m параметрів двигуна). І нехай у цифровій системі управління частота видачі рішень відома - f , тобто період квантування за часом дорівнює $\tau = 1/f$. Систему диференціальних рівнянь, що описують динаміку ГТД, можна записати у вигляді наступних різницевих рівнянь [5]:

$$\begin{aligned} x(i+1) &= A(i)x(i) + B(i)u(i), \\ y(i+1) &= C(i)x(i) + D(i)u(i), \end{aligned} \quad (4)$$

де $x(i)$ - n -мірний вектор стану, $y(i)$ - m -мірний вектор спостереження, $u(i)$ - m -мірний вектор керування, A, B, C, D - матриці розмірностей $n \times n$, $n \times m$, $k \times n$, $k \times m$ відповідно. Передбачається, що координати векторів $x(i)$ та $y(i)$ вимірюються відповідними датчиками. На вектор управління $u(i)$ накладено обмеження:

$$\dot{u}_1^{lim} \leq \dot{u}(i) \leq \dot{u}_2^{lim}, \quad (5)$$

де \dot{u}_1^{lim} та \dot{u}_2^{lim} - задані вектори, що обмежують діапазон вимірювання швидкості $\dot{u}(i)$.

У контурі управління є БЦОМ, в пам'яті якої зберігаються матриці A, B, C, D , що залежать від режимів роботи і умов польоту. БЦОМ працює з періодом $\Delta t = \tau$. Вважаємо, що в кожен i -й такт управління в БЦОМ вводяться поточні значення координат вектора стану X і вектора спостереження Y та виводяться керуючі впливи на виконавчі механізми. Заданий вектор $z^{pr}(i+1)$, що визначає програмну траєкторію на наступному такті управління. Розмірність вектора $z^{pr}(i+1)$, що складається з координат векторів X та Y , дорівнює m , тобто числу керуючих органів.

У найпростішому випадку, це підтримка постійних значень для m параметрів двигуна. Введемо в розгляд вектор траєкторного відхилення $e(i+1)$:

$$e(i+1) = e(u(i)) = z^{pr}(i+1) - z(i+1). \quad (6)$$

Тут вектор $z(i+1)$ визначає значення рухових параметрів, визначених вектором $z^{pr}(i+1)$, на наступному такті управління. Тоді завданням управління буде відстеження з максимально можливою точністю і якістю значення координат вектора $z(i+1)$ заданої програми $z^{pr}(i+1)$:

$$J = \|e(u(i))\| = \|z^{pr}(i+1) - z(i+1)\| \rightarrow \min, \quad (7)$$

де $\| \cdot \|$ - норма вектора $e(i+1)$.

При цьому координати вектора управління, що забезпечують $\|e(u(i))\| \rightarrow \min$, повинні задовольняти обмеженням (7).

Умови (7) можна представити в стандартній формі:

$$\begin{aligned} h_1(u(i)) &= u(i) - u(i-1) - \dot{u}_2^{lim} \tau \leq 0, \\ h_2(u(i)) &= -u(i) + u(i-1) - \dot{u}_1^{lim} \tau \leq 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Візьмемо як норми вектора $e(u(i))$ в (7) квадрат евклідової норми:

$$J(u(i)) = \sum_{j=1}^m \gamma_j [z_j^{pr}(i+1) - z_j(i+1)]^2 \rightarrow \min, \quad (9)$$

де γ_j - вагові коефіцієнти, що визначаються вимогами до динамічної та статичної точності підтримки програм і такі, що приводять різницю $z_j^{pr}(i+1) - z_j(i+1)$ до безрозмірного вигляду, $z_j(i+1)$ визначаються співвідношеннями (4).

На кожному i -му такті управління будемо знаходити вектор управління, що визначає мінімум цільової функції (9) при обмеженнях (8). У цьому випадку процес управління зводиться до послідовного вирішення завдань квадратичного програмування в БЦОМ в дискретні моменти часу $t_i, i=0, 1, \dots$ та реалізації отриманих управляючих впливів.

Отже, задачу локально-оптимального управління ГТД можна сформулювати наступним чином: мінімізувати функцію J , визначену співвідношенням (9), за умови (8):

$$\min \{ J(u(i)) \mid h_j(u(i)) \leq 0 \} \quad j = 1, 2. \quad (10)$$

Відповідно до градієнтного методу, процедура пошуку мінімуму функції J записується у вигляді [4]:

$$u(n+1) = u(n) - \Gamma(n) \nabla J(u(n)), \quad (11)$$

де ∇J - градієнт цільової функції з управляючих впливів.

$$\nabla J = \left(\frac{\partial J}{\partial u_1}, \dots, \frac{\partial J}{\partial u_m} \right). \quad (12)$$

Для того, щоб послідовність значень $u(n)$ призводила до оптимального рішення, коефіцієнти $\Gamma(n)$ повинні задовольняти певним умовам, що називаються умовами

збіжності. При цьому різноманітні способи вибору $\Gamma(n)$ призводять до різних пошукових методів оптимізації [3].

Функціональна схема інтелектуальної САК ГТД, що реалізує запропоновану концепцію управління представлена на рис. 1.

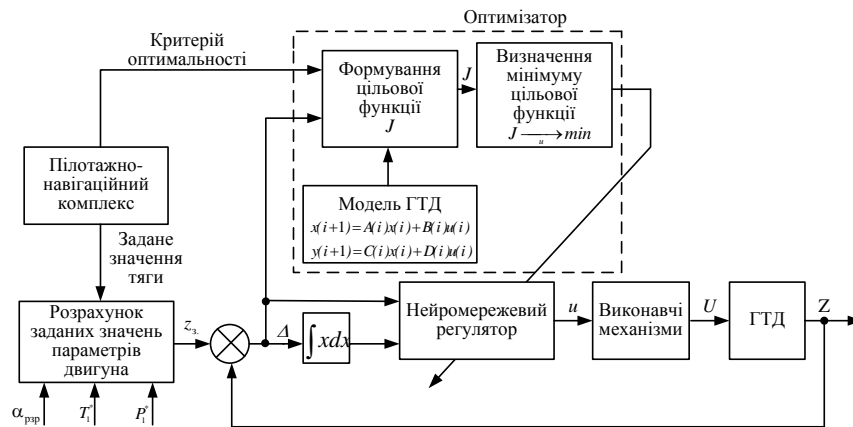


Рисунок 1 – Функціональна схема інтелектуальної оптимізації САК ГТД

Синтез оптимального керування інтелектуальної САК запропонованої концепції має принципово нові якості порівняно з традиційними підходами [5]:

- 1) синтез системи керування здійснюється безпосередньо в процесі функціонування;
- 2) інваріантність порядку та розмірності системи нелінійних диференціальних рівнянь, що описують математичну модель двигуна. Відсутня необхідність у якому-небудь спрощенні використовуваної моделі ГТД та синтезованих регуляторів;
- 3) синтез орієнтований на досягнення найкращих показників якості системи (на відміну від класичних, орієнтованих на досягнення заданих показників якості), тобто дозволяє повністю розкрити потенційні можливості системи в сенсі якості управління;
- 4) проектування САК різноманітних класів, в тому числі багатофункціональних і оптимальних за глобальними критеріями в рамках однієї формалізованої процедури;
- 5) універсальність використовуваного математичного апарату.

Висновки. З позицій системного підходу синтезована керувальна частина інтелектуальної САК ГТД являє собою єдиний математичний оператор, що перетворює вхідну інформацію в управляючі впливи, відсутня необхідність побудови САК ГТД у класі багаторівневих систем - розділяти САК на ряд сепаратних підсистем і контурів керування та проводити їх окремий синтез. Запропонована концепція оптимізації інтелектуальних САК ГТД є, таким чином, узагальненням системного підходу на більш високий рівень, де САК є елементарним ланкою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ранченко Г. С., Буряченко А. Г. Перспективы развития электронных САУ ГТД. Авиационно-космическая техника и технология. 2018. №7 (151). С. 95–99.
2. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования [Текст] / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов: учеб. пособие для вузов. – изд.4-е, перераб. и доп. – СПб: Профессия, 2007 – 751 с.
3. Оптимизация многомерных систем управления газотурбинных двигателей летательных аппаратов / Шевяков А. А., Мартянова Т. С., Рутковский В. Е., и др.; под общ. ред. А. А. Шевякова и Т. С. Мартяновой. Москва : Машиностроение, 1989. 256 с.
4. Dodd N., Martin J. Using Neural Networks to Optimize Gas Turbine Aero Engines // Computing and Control Engineering Journal. June, 1997, pp.29-135.
5. Єнчев С. В. Динамічна оптимізація системи автоматичного керування авіаційного газотурбінного двигуна. Вісник двигунобудування. 2018. № 2. С. 64–69.

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ СТВОРЕННІ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

Клочков О.П.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Доцільність та можливість створення будь-якого технічного об'єкту обумовлюється людським потенціалом, технологічними та виробничими потужностями та економічним ефектом, що базується на співвідношенні суми витрат в процесі створення об'єкта і при його експлуатації та користі від використання. Також важливими факторами застосування технічного об'єкту у будь-якій галузі господарства є безпека персоналу та автоматизація процесів при виконанні технологічних операцій, що у певній мірі призводить до ускладнень та підвищення вартості проекту.

У випадку наміру створення засобу морської робототехніки (ЗМР), як технічного об'єкту морегосподарської діяльності, важливо вже на ранніх етапах проектування дати відповідь на два питання:

чи можливе створення ЗМР?

чи доцільне створення ЗМР, зважаючи на економічний ефект при його виробництві та використанні?

В рамках системного підходу, що пропонується використовувати на ранніх стадіях проектування ЗМР, відповіді на ці питання мають формуватися на аналізі технічного завдання (ТЗ) за рівняннями існування матеріальної, енергетичної, інформаційної та функціональної складових [1].

Актуальність досліджень. Значна кількість промислових, інфраструктурних та рекреаційних об'єктів, діяльність яких пов'язана з водними ресурсами потребує наявності штатних ЗМР для використання у своїй повсякденній діяльності. Під ЗМР розуміються самохідна прив'язна підводна система (СППС), буксирувана підводна система (БПС) та автономний підводний апарат (АПА). Технологічні операції, що можуть виконуватися за допомогою наведених ЗМР, характеризуються великим різноманіттям – від огляду причальних стінок до інспектування трубопроводів, від картографування донної поверхні до обслуговування морехідних шляхів [2].

Постановка задачі. На даний час в Україні немає діючих ЗМР серійного виробництва, якими було б можливо забезпечити об'єкти морського господарства у якості штатних одиниць. В умовах обмеженого фінансування, придбання ЗМР закордонних виробників у необхідній кількості, де їх використання є буденністю, не є можливим внаслідок їх значної вартості та складності обслуговування, якщо з ними виникнуть технічні труднощі, які не можна самостійно усунути.

Зважаючи на це, нагальною необхідністю є надання проектантам математичного інструменту, що дозволить оцінити можливість створення ЗМР на ранніх стадіях проектування в умовах нашої держави, яким є системний підхід, що виправдав себе у інших галузях при використанні рівнянь існування за згаданими вище складовими.

Однією з основних перепон при використанні системного підходу є взаємний вплив складових, що призводять до певних труднощів при оцінці взаємозв'язку експлуатаційних параметрів ЗМР з його технічними характеристиками, що надані у ТЗ.

Результати досліджень. Розглянемо технологічну операцію інспекції ділянки підводного трубопроводу визначеної довжини, що знаходиться на певній глибині, шляхом візуального огляду за допомогою підводної відеозйомки. Для проведення такого виду підводно-технічної роботи (ПТР) будемо розглядати СППС у якості ЗМР.

Початок проектування СППС під таку задачу згідно системного підходу, у першу чергу, стикається з вимогами ТЗ за матеріальною складовою [3]. Основою СППС у цьому випадку, зазвичай, є судно-носій (СН), на якому у повній комплектації мають розташовуватися самохідний прив'язний підводний апарат (СППА), кабель-трос (КТ), що розміщено на лебідці КТ (ЛКТ), пост енергетики та керування (ПЕК) та спуско-піднімальний пристрій (СПП). Замовником у ТЗ, виходячи з наявності певного виду СН, будуть надані кількісні граничні значення масогабаритних показників, які можуть мати ці елементи. Знаходження певних технічних рішень та технологій використання за рахунок інших складових системного підходу може дозволити обійтися без наявності на СН СПП, коли підводний апарат має задовільну масу, щоб одна чи дві особи з палубної команди мали його занурити з криноліну на кормі судна.

Наступним питанням є вибір архітектурно-конструктивного типу (АКТ) СППА, а саме конфігурації рушійно-рульового комплексу (РРК), що може бути представлено у цьому випадку в двох варіантах:

- два маршових рушії з одним вертикальним;
- один маршовий рушій, один вертикальний та два лагових.

У зв'язку з цим, одразу стикаються вимоги за енергетичною, матеріальною та функціональною складовою. Тобто, обрати перший варіант з більш простішою конструкцією, зменшивши потужність і масу апарата, чи обрати другий варіант, втративши ці переваги, але отримати більшу керованість при русі вздовж вісі трубопроводу без ривків носової частини, що значно впливає на якість відеоряду [4, 5].

Ще однією особливістю виконання ПТР за допомогою ЗМР є обмеження часу її проведення метеорологічними умовами та економічною доцільністю, що пов'язана з автономністю СН. У цьому випадку вибір технології інспектування трубопроводу може розглядатися теж у двох варіантах:

- одна постановка СН на якірну стоянку на початку ділянки трубопроводу і прохід всієї довжини за один раз, що передбачає наявність відповідної довжини КТ та забезпечення достатньої потужності РРК для досягнення крайньої точки ділянки;
- розбивання ділянки трубопроводу на декілька якірних стоянок СН, що дозволить зменшити довжину КТ та потужність і масу СППС, але виникне необхідність маркування початку і кінця відеозйомки цих менших ділянок для подальшого виконання відеомонтажу з метою отримання повноцінного відеоряду у якості звіту замовнику.

Але реалізація концепції виконання ПТР «все за один вихід СН» та «все за одне занурення» може вимагати в рамках економії ресурсів планування виконання декількох технологічних операцій при виході СН, що може впливати на склад персоналу, який обслуговує СН та ЗМР, тобто одна особа під час переходу виконує функції екіпажу СН, а під час якірної стоянки є оперативним працівником по обслуговуванню ЗМР. Також це може передбачати деяку універсальність ЗМР чи наявність двох видів ЗМР на СН, якщо їх спільне розташування забезпечується можливостями судна або взаємозамінністю елементів, наприклад, ПЕК [6, 7].

Висновки. Таким чином, можливо зазначити наступне:

Матеріальна, енергетична, інформаційна та функціональна складові системного підходу не є самодостатніми при визначенні можливості створення ЗМР, а мають розглядатися з найбільш можливою деталізацією взаємного впливу одна на одну, з подальшим вибором оптимального варіанту реалізації ЗМР, виходячи з умов ТЗ та прямих протиріч між експлуатаційними параметрами та технічними характеристиками в залежності від виду технологічної операції.

Проектування ЗМР на ранніх стадіях за системним підходом не обмежується тільки застосуванням рівнянь існування, але і потребує, окрім цього, комплексного підрахунку фінансових витрат, визначення виробничих баз з оцінкою їх технологічних можливостей та

співвідношення елементів, що закупаються як кінцевий продукт, та ті, що потребують розробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Blintsov V.S. Generalized method of designing unmanned remotely operated complexes based on the system approach. – EUREKA: Physics and Engineering, 2019, № 2. – p. 43-51.
2. Блинцов В.С., Магула В.Э. Проектирование самоходных привязных подводных систем. – К.: Наукова думка, 1997. – 140 с.
3. Вашедченко А.Н., Иванишин Б.П., Цыбенко Б.А. Уравнения существования подводных роботов. – Сб. научных трудов, Николаев, НКИ, 1979. – С. 17-24.
4. Блінцов В.С., Клочков О.П. Рівняння існування самохідної прив'язної підводної системи як оцінка можливості її створення. – Журнал «Підводні технології», вип. № 3, 2016. – С. 25-30.
5. Клочков О.П. Проектні задачі енергоживлення одноланкових самохідних прив'язних підводних систем. – Журнал «Суднобудування та морська інфраструктура», вип. № 1 (11), 2019. – С. 96-104.
6. Блінцов В.С., Клочков О.П. Проектні задачі створення безкіпажного самохідного прив'язного підводного комплексу на основі системного підходу. – Журнал «Науковий вісник ХДМА», вип. № 2 (19), 2018. – С. 5-13.
7. Клочков О.П. Людина як об'єкт функціональної складової системного підходу при експлуатації засобів морської робототехніки. – Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті. Збірка матеріалів X Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон: ХДМА, 2018. – С. 46.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ НЕНАСЕЛЕНИХ БУКСИРУВАНИХ ПІДВОДНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Куценко П.С.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)

Ненаселені буксировані підводні системи (БПС) є високопродуктивним засобом підводної робототехніки і, зазвичай, застосовуються для виконання широкого спектру пошукових, природоохоронних, картографічних та науково-дослідних робіт [1]. Основною схемою застосування БПС є буксування за допомогою спеціального судна-буксирувальника (СБ), на якому розміщують пост енергетики і керування системою (ПЕК) та кабельну лебідку (КЛ). За допомогою КЛ змінюють довжину попущеної частини кабель-буксиру (КБ) в залежності від глибини та швидкості руху СБ. Основним виконавчим пристроєм БПС є ненаселений буксирований підводний апарат (БПА), який перед початком буксування опускається на воду та піднімається на борт СБ після завершення роботи за допомогою спуско-піднімального пристрою (СПП).

Типовий склад обладнання БПС наведено на рис. 1.

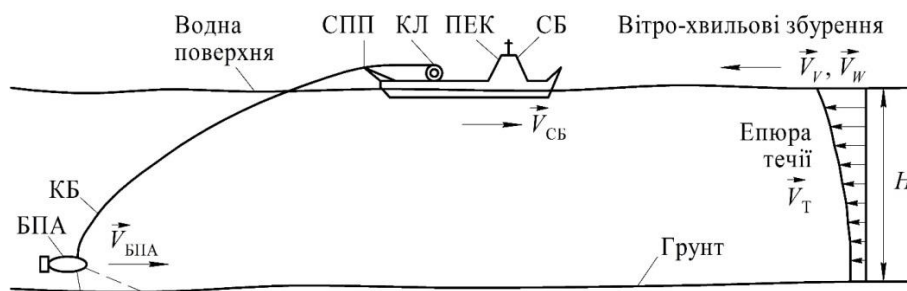


Рисунок 1 – Типові складові ненаселеної буксированої підводної системи

Сьогодні ескізне та технічне проектування БПС виконується за класичними методиками, які створені для конструювання суден. Це – метод послідовних наближень у визначенні всіх характеристик судна, використовуваний для вироблення технічних рішень, та метод оптимізації цих характеристик, що дозволяє знайти найкращі за техніко-економічними критеріями рішення [2, 3].

Подальше вдосконалення методів проектування БПС має підвищувати достовірність визначення характеристик їх складових вже на ранніх стадіях – технічної пропозиції чи ескізного проекту. Вже на цих стадіях конструктор має підтвердити принципову можливість створення БПС із характеристиками $SUTUS_{TT}$, що задані у технічному завданні (ТЗ). Таке вдосконалення можна здійснити шляхом залучення загальних принципів системного підходу, сутність якого полягає в розгляді об'єкту проектування з урахуванням взаємодії функціональних складових об'єкту [4, 5].

Створення БПС для мілководдя має виконуватись із додержанням низки вимог, викликаних дією ринкових механізмів та високою конкуренцією засобів морської робототехніки. Проектна практика свідчить, що до таких вимог можна віднести [6]:

- реалізацію високопродуктивних підводних технологій, які підвищують ринкову цінність БПС – високий рівень автоматизації БПС, виконання робіт за технологією «все за одне занурення» (Simultaneous Location and Mapping, SLAM) тощо (вимога C_{MT});
- скорочені терміни розробки проектною документації на створення БПС за рахунок застосування сучасних CAD/CAM/CAE-технологій (вимога C_{RT});
- обов'язкову перевірку гідродинаміки (усталених та динамічних процесів руху складових НБПА) за допомогою CFD-пакетів програм (вимога C_{CFD});

– максимально можливе використання готових деталей і вузлів, які є доступними на ринку як комплектуючі для складових БПС (вимога C_{AP});

– урахування сучасних досягнень у галузях матеріалознавства, електроенергетики, електромеханіки, автоматики, електроніки, інформатики, комп'ютерних технологій проектування та їх використання у проектах БПС (вимога C_{MA});

– зниження собівартості та можливість розгортання серійного виробництва БПС (вимога C_{SP}) шляхом впровадження технології інформаційного моделювання будівництва.

Крім того, до БПА та КБ, як твердого і гнучкого тіл у потоці води, висувуються вимоги забезпечення їх нульової плавучості, або залишкової позитивної плавучості (вимога C_{ZB}), що необхідно для безаварійної експлуатації БПС на малих глибинах.

Таким чином, можна сформулювати наступну множину C_{UTUS} сучасних вимог для проектування конкурентоздатних БПС:

$$C_{UTUS} = \{C_{MT}, C_{RT}, C_{CFD}, C_{AP}, C_{MA}, C_{SP}, C_{ZB}\}. \quad (1)$$

Вимоги C_{MT} , C_{RT} , C_{CFD} , C_{AP} , C_{MA} та C_{SP} є традиційними та однаково важливими як для мілководних, так і для глибоководних БПС. Однак вимога C_{ZB} для мілководних БПС має додаткову актуальність, оскільки гарантує безпечну експлуатацію при відмовах підсистем енергоживлення та автоматичного керування БПС.

У сукупності отримана множина сучасних вимог (1) утворює інформаційне підґрунття для розробки узагальненої схеми проектування БПС для мілководних акваторій.

Узагальнену схему організації робіт з проектування БПС на основі системного підходу з урахуванням основних вимог (1) до проектування конкурентоздатних БПС представимо у вигляді наступного алгоритму [6] (рис. 2).

Дамо опис блоків алгоритму в порядку їх нумерації.

Блок 1 – аналіз вимог ТЗ на створення БПС та формування попередніх технічних характеристик її складових $S_{UTUS TT}$ у форматі, придатному для подальшої обробки в автоматизованому режимі.

Блок 2 – визначення множини R_{UTUS} значущих режимів функціонування БПС та формування множини $R_{UTUS Ext}$ найбільш важких режимів для кожної її складової. Режими множини $R_{UTUS Ext}$ визначають найбільш напружені експлуатаційні режими, в яких мають працювати відповідні складові БПС.

Блок 3 – перевірка відповідності ТЗ сучасним досягненням підводних технологій. Умова X_1 має наступні предикати: x_{11} – звернення до бази даних Db_{MT} сучасних підводних технологій; x_{12} – перехід до Блоку 4 для розробки пропозицій на коригування ТЗ з метою впровадження сучасних технологій згідно до вимоги $C_{MT} \in C_{UTUS}$; x_{13} – перехід до Блоку 5 за умови використання у проекті сучасних підводних технологій.

Блок 5 – визначення попередніх технічних характеристик S_{UTUS0} складових БПС, виходячи з вимог ТЗ.

Блок 6 – вибір конструкційних матеріалів, деталей та вузлів для складових проекту БПС, які є у наявності в базі даних Db_{MA} матеріалів та в базі даних Db_{AP} вузлів і систем підводної робототехніки згідно до вимог $C_{MA} \in C_{UTUS}$ та $C_{AP} \in C_{UTUS}$.

Блок 7 – перевірка наявності необхідних конструкційних матеріалів, деталей і вузлів на ринку наукоємної продукції. Умова X_2 має наступні предикати:

– x_{21} – перехід до Блоку 8 формування замовлення на розробку нових матеріалів, деталей і вузлів, які відсутні на ринку такої продукції;

x_{22} – перехід до Блоку 9 у разі наявності необхідної інформації щодо вибраних конструкційних матеріалів, деталей і вузлів для проекту БПС.

Блок 9 – ескізне проектування БПС із застосуванням вибраних конструкційних матеріалів, деталей і вузлів. Принципово важливим тут є обов'язкове використання сучасних CAD/CAM/CAE-технологій проектування (вимога $C_{RT} \in C_{UTUS}$) та CFD-пакетів програм (вимога $C_{CFD} \in C_{UTUS}$), які містяться у відповідних базах даних Db_{RT} та Db_{CFD} .

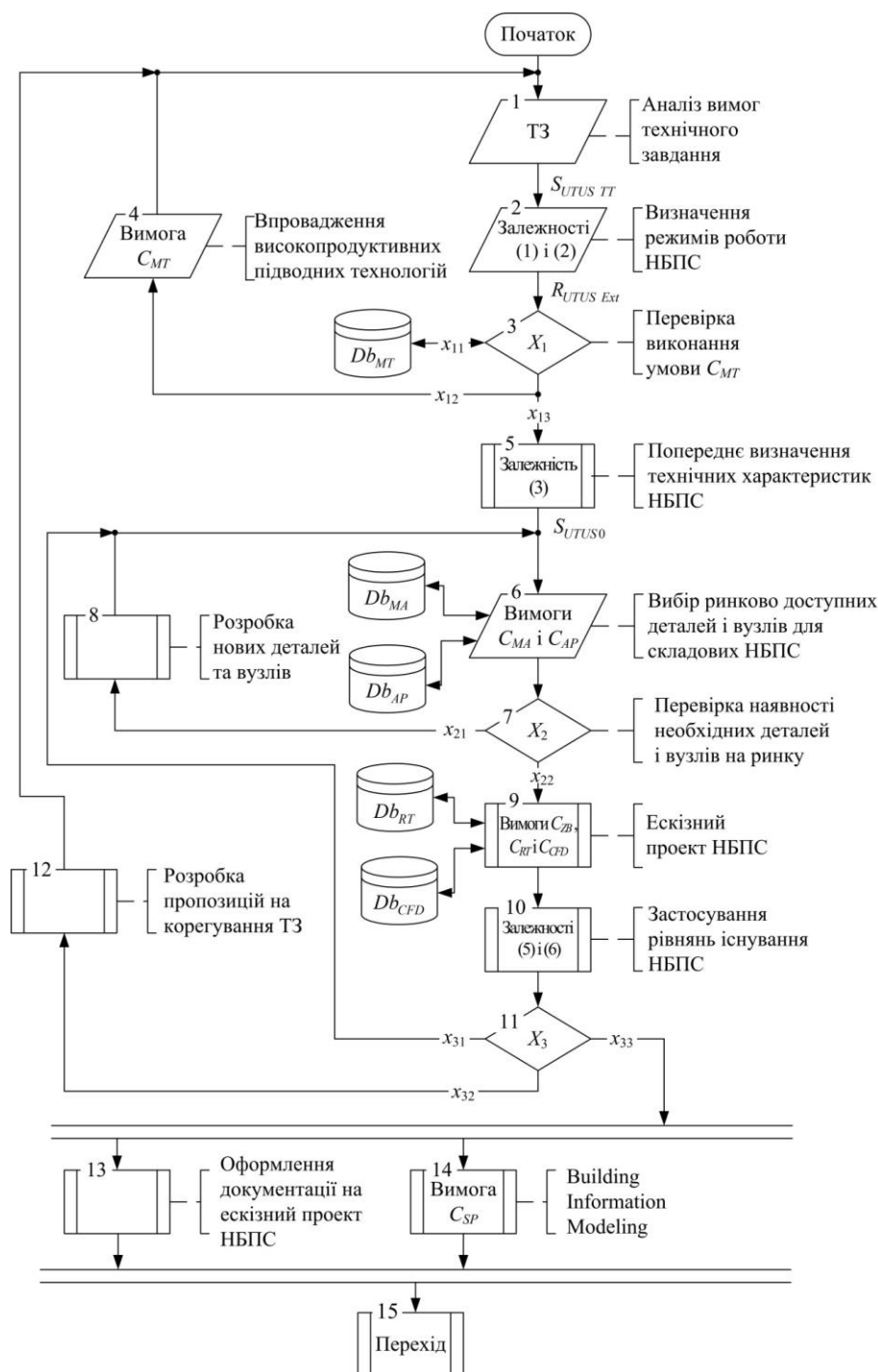


Рисунок 2 – Узагальнений алгоритм проектування БПС

Це обумовлене можливістю вже на ранній стадії проектування отримати достовірні дані про технічні характеристики складових БПС, у тому числі й у динамічних режимах. Вихідною інформацією Блоку 9 є варіант S_{UTUSi} ескізного проекту БПС.

Блок 10 – виявлення відхилень конструктивних, енергетичних, інформаційних та експлуатаційних характеристик відповідних складових i -го варіанту БПС від вимог ТЗ.

Блок 11 – перевірка відповідності конструктивних, енергетичних, інформаційних та експлуатаційних характеристик відповідних складових i -го варіанту БПС EE_{UTUSi} вимогам ТЗ ET_{UTUS} . Умова X_3 має наступні предикати:

– x_{31} – перехід до Блоку 6 з метою вибору інших матеріалів, деталей і вузлів для складових БПС, які б покращили проектні характеристики складових i -го варіанту буксированої системи;

– x_{32} – перехід до Блоку 12 для формування пропозицій щодо зміни вимог ТЗ через неможливість реалізації його вимог у повному обсязі;

– x_{33} – перехід до Блоку 13 підготовки документації ескізного проекту БПС.

Блок 14 – створення інформаційної моделі проекту БПС, яка включає збір та комплексну обробку конструкторської, технологічної та економічної інформації про створюваний об'єкт підводної техніки (вимога C_{SP}). Вказана вимога передбачає застосування технології “Building Information Modeling” – моделювання процесу проектування НБПА як основи для швидкого розгортання серійного виробництва БПС.

Блок 15 – перехід до стадії технічного проектування БПС.

Таким чином, розроблений узагальнений алгоритм проектування використовує принципи системного підходу у вигляді рівнянь існування БПС і забезпечує достовірне визначення технічних характеристик проектованої системи вже на ранніх стадіях її розробки.

Висновки. Розроблено узагальнений алгоритм проектування БПС, який реалізує системний підхід до використання сучасних комп'ютерних технологій та рівнянь існування для перевірки виконання вимог технічного завдання вже на ранніх стадіях проектування. Його особливістю є суттєве скорочення витрат проектних ресурсів, зокрема, часу на технічне проектування, за рахунок зменшення кількості варіантів технічних рішень, що розглядаються. Розроблений алгоритм утворює науково обґрунтовану методологічну основу для створення конкурентоспроможних засобів підводної робототехніки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иконников, И. Б. Подводные буксируемые системы и буи нейтральной плавучести. [Текст] / И. Б. Иконников, В. М. Гаврилов, Г. В. Пузырев // – СПб. : Судостроение, 1993. – 224 с.

2. George Charles Manning. The Theory And Technique Of Ship Design: A Study of the Basic Principles and the Processes Employed in the Design of Ships of all Classes. Literary Licensing, LLC, 2013. – 288 Pages. <https://www.amazon.com/Theory-Technique-Ship-Design-Principles/dp/1258637219>.

3. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2-х томах. [Текст] – СПб: Издательство «Моринтех», 2014.

4. Matousek Robert, Burton A. H., Johnson D. C. Engineering design : A systematic approach. London : Blackie, London [England] ; Glasgow [Scotland] : Blackie & Son Limited, 1963. 264 pages. Electronic reproduction. [S.l.] : Hathitrust Digital Library, 2010. MiAaHDL. <https://www.worldcat.org/title/engineering-design-a-systematic-approach/oclc/1058077662>.

5. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H. Engineering Design: A Systematic Approach. Third Edition. Springer, 2006. <https://www.amazon.co.uk/Engineering-Design-Systematic-Approach-Pahl/dp/1846283183>.

6. V. Blintsov, P. Kucenko. Application of systems approach at early stages of designing unmanned towed underwater systems for shallow water areas. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, №5/9 (101) 2019). – С. 15-26. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2019.179486.

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОНІВ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ

Мельник І.В., Тугай С.Б.,

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»
(Україна)*

Починок А.В.

*Університет державної фіскальної служби України, Навчально-науковий інститут
інформаційних технологій
(Україна, м. Ірпінь)*

Вступ. Джерела електронів високовольтного тліючого розряду (ВТР) сьогодні знаходять широке впровадження у різних галузях промисловості, зокрема, їх можна використовувати в автомобільній промисловості, суднобудуванні та авіаційній промисловості. Головними технологічними операціями, які можна реалізовувати з використанням цих вкрай перспективних джерел електронів, є високопродуктивне зварювання тонкостінних виробів, нанесення високоякісних зміцнюючих, антикорозійних та теплозахисних керамічних покриттів із високою стехіометрією хімічного складу, а також високоефективне плавлення тугоплавких металів [1 – 3]. Головними перевагами електронних гармат на основі ВТР є ефективність їх роботи в низькому вакуумі в середовищі різних газів, включаючи інертні та активні, відносна простота конструкції гармати та електронно-променевого технологічного обладнання, а також простота керування параметрами електронного пучка, як газодинамічним способом, через автоматичну зміну тиску у розрядній камері, так і електричним способом через зміну концентрації іонів в анодній плазмі [2, 4]. Подальший розвиток засобів автоматизованого конструювання та впровадження в промисловість цих перспективних електронних гармат, насамперед, пов'язані із розробкою та удосконаленням сучасних комп'ютерних методів та засобів їх математичного моделювання. Тут головна проблема полягає у складності математичного описання комплексних фізичних процесів та явищ, які протікають у високовольтному тліючому розряді [1].

Постановка задачі. Метою даної роботи є узагальнене описання методів математичного моделювання джерел електронів ВТР. Всі головні аналітичні співвідношення записані через арифметико-логічні вирази, що у значній мірі спрощує комп'ютерну реалізацію запропонованих математичних моделей та дозволяє проводити паралелізацію розрахунків [5].

Загалом в ході моделювання електронних гармат ВТР розв'язується комплекс наступних завдань моделювання [6].

1. Попередній розрахунок положення плазмової межі. В електронних гарматах ВТР плазмова межа зазвичай розглядається як джерело іонів, які, прискорюючись, рухаються до катоду та бомбардують його, та як рухомий електрод із заданим потенціалом [1, 6].

2. Розрахунок розподілу електричного поля в електродному проміжку.

3. Розрахунок траєкторій заряджених часток в електродному проміжку.

4. Розрахунок просторового заряду.

5. Уточнення геометрії плазмової межі та ітераційне повторення розрахунків згідно з пунктами 1 – 5, доки де буде досягнена необхідно точність розрахунків.

6. Розрахунок траєкторій електронів в області анодної плазми та визначення фокальних параметрів електронного пучка з використанням методів дискретної математики та методів розв'язування екстремальних задач [7].

Розглянемо послідовно методи розв'язування поставлених задач та відповідні аналітичні та числові співвідношення.

1. Попередній розрахунок положення плазмової межі. Для проведення такого розрахунку спочатку використовується спрощена формула для одновимірного проміжку ВТР, наведена у роботі [1].

$$d_{\text{кп}} = l - \frac{I_p}{\overline{Q_{\text{ео}}} \left(\chi \gamma + \sqrt{\frac{m_i}{m_e}} \right) - \frac{5 \mu_{\text{іо}} k T_e}{R^2 p_{\text{ао}}^2 e} \sqrt{\frac{m_i}{k T_i}}} \quad (1)$$

де I_p – струм розряду, l и R – відповідно довжина та поперечний розмір розрядного проміжку, $p_{\text{ао}}$ – приведений тиск в області горіння розряду, m_e и m_i – відповідно маса електрону та іонів газу, $\overline{Q_{\text{ео}}}$ – усереднене значення коефіцієнту поперечного перетину перезарядження електронів, χ – коефіцієнт середнього подовження траєкторій електронів в області анодної плазми, ξ – коефіцієнт відбиття електронів від поверхні аноду.

Тоді для електродної системи ВТР із сферичним катодом та конічним анодом, яка має відповідні електронно-оптичні властивості та часто використовується в реальних конструкціях газорозрядних електронних гармат, можна записати наступний математичний вираз [2]:

$$d_{\text{пк}} = \sqrt[3]{\frac{3R_{\text{а}}^2 d_{\text{на}} l_{\text{а}}^4}{2h_{\text{а}}^4 s w^2} - \frac{l_{\text{а}}^2 R_{\text{а}}^6}{27h_{\text{а}}^{15} s^3 w^2} + \sqrt{\frac{9R_{\text{а}}^4 d_{\text{на}}^2 l_{\text{а}}^8}{4h_{\text{а}}^8 s^2 w^2} - \frac{3l_{\text{а}}^{24} R_{\text{а}}^{12}}{729h_{\text{а}}^{30} s^6 w^6} - \frac{2R_{\text{а}}^8 l_{\text{а}}^{16} d_{\text{на}}}{9h_{\text{а}}^{19} s^4 w^4}}} \quad (2)$$

де $d_{\text{пк}}$ – висота анодної плазми, $R_{\text{а}}$ – радіус анодної основи, $h_{\text{а}}$ – висота аноду, $l_{\text{а}}$ – його твірна,

$$s = 1 + \left(\frac{R_{\text{а}}}{h_{\text{а}}}\right)^2 - \sqrt{1 + \left(\frac{R_{\text{а}}}{h_{\text{а}}}\right)^2}, \quad w = 3 - \frac{s \cdot h_{\text{а}}^2}{h_{\text{а}}^2 + R_{\text{а}}^2} \quad (3)$$

2. Розрахунок розподілу електричного поля в електродному проміжку. Ця задача розв'язувалась з використанням методу скінченних різниць. Ітераційна формула методу скінченних різниць для циліндричної системи координат, з урахуванням особливості граничних умов для електродної системи джерел електронів ВТР, була записана через арифметико-логічний вираз наступним чином [5]:

$$m = (l > 0) \cdot (l - 1) + (l = 0) \cdot 1, \quad C_m = 1 + \frac{1}{2m}, \quad D_m = 1 - \frac{1}{2m},$$

$$U_{k,l} = \left((l > 0) \cdot \frac{\frac{U_{k-1,l} + U_{k+1,l}}{h_r^2} + \frac{D_m U_{k,m} + C_m U_{k,l+1}}{h_z^2}}{\frac{2}{h_r^2} + \frac{2}{h_z^2}} + \right. \quad (4)$$

$$\left. + (l = 0) \cdot \frac{\frac{U_{k-1,l} + U_{k+1,l}}{h_r^2} + \frac{4U_{k,l+1}}{h_z^2}}{\frac{2}{h_r^2} + \frac{4}{h_z^2}} \right) \cdot (U_{\text{п}} < U_{k,l} < U_{\text{пр}}) +$$

$$+(U = U_{\text{п}}) \cdot U_{\text{п}} + (U < U_{\text{п}}) \cdot \left(\frac{kh_r(U_{\text{пр}} - U_{\text{п}})}{r_{\text{п}} - r_{\text{а}}} \right) + (U \geq U_{\text{пр}}) \cdot U_{\text{пр}},$$

де $U_{k,l}$ – розраховане значення потенціалу, k, l – номери вузлів сітки відповідно за координатами r та z , h_r та h_z – крок дискретизації області розрахунку значення потенціалу відповідно за координатами r та z , $U_{\text{пр}}$ – прискорювальна напруга, $U_{\text{п}}$ – потенціал анодної плазми, $r_{\text{п}}$ – положення плазмової межі відносно початку системи координат, $r_{\text{а}}$ – положення основи анода відносно початку системи координат.

3. Розрахунок траєкторій заряджених часток в електродному проміжку. Для розрахунку траєкторій заряджених частинок в електродних системах ВТР було використане електронно-оптичне рівняння траєкторій [6, 8]:

$$\frac{d^2 r}{dz^2} = \frac{\left(\frac{\partial U(r,z)}{\partial r} - \frac{\partial U(r,z)}{\partial z} \frac{dr}{dz} \right) \cdot \left(1 + \left(\frac{dr}{dz} \right)^2 \right)}{\left(\sqrt{\frac{q_s(U(r,z) - U_M)}{2m_s}} + 2(U(r,z) - U_M) \right)}, \quad (5)$$

з початковими умовами:

$$\left(\frac{dr}{dz}\right)\Big|_{z=0} = v_0, r|_{z=0} = r_0. \quad (6)$$

де m_s – маса частинки, яка рухається, q_s – її заряд, U_m – потенціал межової поверхні.

4. Розрахунок просторового заряду у розрядному проміжку. Цей розрахунок проводився з використанням методу недеформованих трубок струму із розбиттям області катодного падіння потенціалу ВТР на елементарні циліндричні комірки. Особливість проведення розрахунків полягала у тому, що враховувались перезарядження іонів на атомах залишкового газу [1]. Для розгляду цього фізичного процесу трубки іонів в кожній комірці обривалися із утворенням двох нових трубок, а саме: нової трубки низькоенергетичних іонів та трубки прискорених нейтральних атомів газу. Відповідні ітераційні співвідношення записувались наступним чином [6].

$$\rho_c^s = \frac{I_{тр}}{2\pi r_{тр} \Delta r} \sqrt{\frac{m_s}{2q_s}} \left(\frac{1}{\sqrt{Q_z^{BX}}} + \frac{1}{\sqrt{Q_z^{ВНХ}}} \right), \quad Q_r = Q_{k,l} + \frac{Q_{k,l} - Q_{k-1,l}}{h_r} (kh_r - r),$$

$$\rho_\Sigma^c = \sum_{n=1}^{N_{тр}^i} \rho_{in} - \sum_{n=1}^{N_{тр}^e} \rho_{en}, \quad \Delta r = r_{BX} - r_{ВНХ}, \quad (7)$$

де s – сорт частинки, $I_{тр}$ – струм трубки, m_s/q_s – питомий заряд рухомих частинок у трубці, яка аналізується, Q_z – апроксимоване значення потенціалу, n – порядковий номер трубки струму, яка перетинає комірку, ρ_{in} та ρ_{en} – відповідно просторовий заряд електронів та іонів, який вноситься до комірки трубою струму, яка розглядається.

5. Зміна геометрії плазмової межі згідно з фізичними умовами горіння ВТР є складною оптимізаційною задачею, яка потребує додаткових ітераційних розрахунків. Один із найбільш простих таких алгоритмів було розглянуто у роботі [9] для одомірної електродної системи. Тому, зазвичай, для реальних електродних систем геометрія плазмової межі визначалась експериментально через фотографування розрядного проміжку, а для описання геометрії плазмової межі в моделях електродних систем ВТР використовувались відповідні математичні функції апроксимації. Наприклад, для двохелектродної системи ВТР із сферичним катодом та порожнистим анодом висока точність апроксимації була забезпечена з використанням такої аналітичної функції [10]:

$$z(r) = A \exp\left(-\frac{r^2}{\alpha}\right) + B, \quad (8)$$

де A , B та α – напівемпіричні коефіцієнти, які визначаються з фотографії розрядного проміжку ВТР. Вважається, що на фотографії точки положення плазмової межі розташовані в області границі темної та світлої областей розряду в горизонтальному напрямку [10].

6. Моделювання траєкторій електронів в області анодної плазми здійснювалось з використанням моделі вільного дрейфу, а для пошуку положення фокусу електронного пучка та визначення його фокального діаметру використовувались відомі числові методи розв'язування екстремальних задач [7]. З урахуванням процесу розсіювання електронів на атомах залишкового газу за моделлю Резерфорда [8], відповідна система алгебраїчних рівнянь записується наступним чином [6]:

$$\Theta_{\min} = 2 \arctan\left(\frac{10^{-4} Z_a^3}{2\gamma\beta^2}\right); \quad \Theta_{\max} = 2 \arctan\left(\frac{e^2 Z_a^2}{m_i v^2 r_{\Pi}(i)}\right); \quad v = \sqrt{\frac{2eU_{np}}{m_i}},$$

$$dL = h_z \sqrt{1 - \tan^2(\varphi)}; \quad d\theta = \frac{4Z_a(Z_a+1)r_e^2 \gamma^2}{(\gamma^2-1)^2} n_0 dL \ln\left(\frac{\Theta_{\min}}{\Theta_{\max}}\right);$$

$$dz = R_{к.} - d_{к.п.} + \sqrt{(R_{к.} - d_{кп.})^2 - (r_0(k))^2}; \quad (9)$$

$$\varphi(i, k) = \varphi(i, k-1) + d\theta; \quad j_{\Pi.}^{\max}(k) = \max_{i \in \Omega_i} [j_{\Pi.}(i, k)];$$

$$r_{\Pi.}(k) = \arg[0.7 j_{\Pi.}^{\max}(k)]; \quad d_{\Pi.} = 2 \min_{k \in \Omega_k} [r_{\Pi.}(k)]; \quad F_{\Pi.} = d_{к.п.} + \arg \min_{k \in \Omega_k} [r_{\Pi.}(k)] h_z,$$

де i та k – параметри дискретизації області дрейфу відповідно за координатами r та z , U_{np} – прискорювальна напруга, $r_{\Pi.}$ – поточний радіус електронного пучка, який формується у площині, що розглядається за координатою z , γ – релятивістський фактор, v – середня

швидкість електронів, β – відношення швидкості електронів до швидкості світла, R_k – радіус сфери катода, $d_{кп}$ – відстань від поверхні катода до межі анодної плазми, r_e – радіус електрону відповідно до моделі Бора, Z_a – заряд ядра атомів робочого газу, n_0 – концентрація атомів газу в анодній плазмі, φ – вхідний кут вльоту електронів пучка, θ – кут розсіювання електронів.

Отриманий результат моделювання електродної системи ВТР із сферичним катодом та порожнистим анодом показаний на рис. 1.

Висновки. Описаний алгоритм моделювання електронних гармат ВТР та отримані результати комп'ютерного моделювання мають важливе практичне значення.

Використання засобів комп'ютерного моделювання для проектування електронних гармат ВТР дозволяє значно скоротити термін проектування, оскільки на попередньому етапі проектування можна приблизно оцінити фокальні параметри електронного пучка, який формується. Це дозволяє вже на початку виконання завдання проектування електронної гармати ВТР оптимізувати електродну систему згідно із вимогами технологічного процесу щодо питомої фокальної потужності електронного пучка.

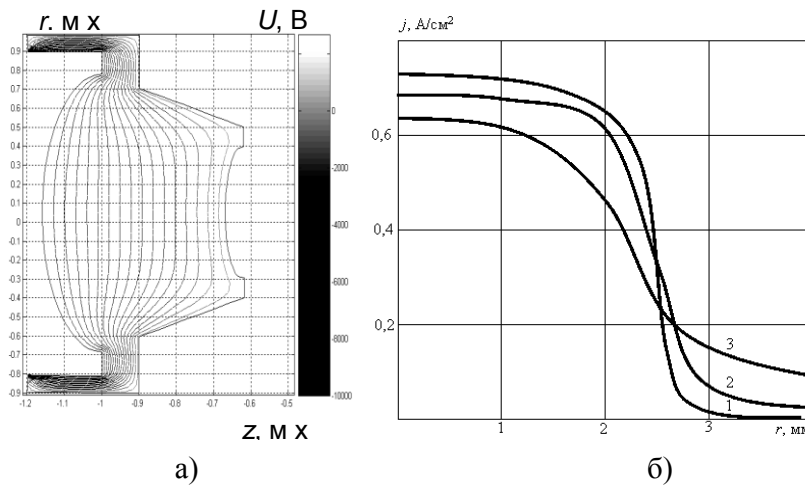


Рисунок 1 – Результати моделювання розподілу електричного поля в електродній системі ВТР (а) та розподілу густини струму в фокальній площині електронного пучка (б). Робочий тиск гармати – $p = 3$ Па. Прискорювальна напруга $U_{пр}$: 1 – 20 кВ; 2 – 15 кВ; 3 – 10 кВ

Розбіжність між результатами моделювання та експериментальними даними для різних режимів роботи електронних гармат ВТР складала приблизно 25 – 30%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков А.А. Источники электронов высоковольтного тлеющего разряда с анодной плазмой // А.А. Новиков / М.: Энергоатомиздат, 1983. – 96 с.
2. Denbnovetsky S.V. High voltage glow discharge electron sources and possibilities of its application in industry for realising of different technological operations. // S.V. Denbnovetsky, V.G. Melnyk, I.V. Melnyk / IEEE Transactions on plasma science. – Vol. 31, #5, October, 2003. – P. 987 – 993.
3. Ладохин С.В. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве // С.В. Ладохин, Н.И. Левицкий, В.Б. Чернявский, Т.В. Лапшук, В.Г. Шмигидин, Л.А. Кравчук, А.С. Гладков / Киев, «Сталь», 2007. – 605 с.
4. Denbnovetsky S.V. Model of control of glow discharge electron gun current for microelectronics production applications. // S.V. Denbnovetsky, V.I. Melnyk, I.V. Melnyk, B.A. Tugay / Proceedings of SPIE. Sixth International Conference on “Material Science and Material Properties for Infrared Optoelectronics”, 2003, Vol. 5065. – P. 64-76.

5. Мельник И.В., Лунтовский А.О. Использование параллельных вычислений для моделирования технологических газоразрядных источников электронов // И.В. Мельник, А.О. Лунтовский / Электронное моделирование. – Т. 38. – № 3. – 2016. – С. 5 – 21.
6. Мельник И.В. Численное моделирование распределения электрического поля и траекторий частиц в источниках электронов на основе высоковольтного тлеющего разряда // И.В. Мельник / Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2005. – Т. 48. – №6. – С. 61-71.
7. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач // Ф.П. Васильев / М.: Наука, 1988. — 552 с.
8. Силадьи М. Электронная и ионная оптика // М. Силадьи / – М.: Мир, 1990. - 639 с.
9. Мельник И.В. Моделирование энергетической эффективности триодных источников электронов высоковольтного тлеющего разряда с учетом температуры электронов и их подвижности в анодной плазме. // И.В. Мельник / Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – Т. 60. – № 7. – 2017. – С. 413 – 424.
10. Мельник И.В. Обобщённая методика оценки и аппроксимации положения и формы границы анодной плазмы в электродных системах источников электронов высоковольтного тлеющего разряда // И.В. Мельник, А.В. Починок / Электронное моделирование, 2018, т. 40, №5, С. 77–90.

ОБОСНОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ СФЕРЫ ШВАРЦШИЛЬДА

Настасенко В.А.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Работа относится к сфере моделирования объектов и процессов квантовой физики, физики космоса и космологии, в частности – к определению параметров и строения объектов типа “черных дыр”, а также к основам строения материального мира и Вселенной в целом. Решение данных проблем необходимо для лучшего понимания основ мироздания и является актуальной и важной научной задачей, которой в настоящее время посвящены работы многих ученых мира. Однако в полном объеме эти задачи не решены.

Анализ состояния проблемы и постановка задач работы. Черные дыры [1] относятся к самым загадочным объектам Вселенной, поскольку они поглощают свет, что исключает возможность получения о них прямой информации. Поэтому сведения о черных дырах, полученные в последние годы, основаны на косвенных астрономических наблюдениях окружающих их зон, которые позволяют выделить внутри них черное пятно поглощения света, идентифицируемое с черной дырой [2]. Структура внутри этого пятна и параметры его строения не найдены строго, реально известно лишь то, что размерно-массовые параметры черных дыр соответствуют сфере Шварцшильда, определяемой по зависимости (1) [1]:

$$M = \frac{c^2 R}{2G} (\kappa z), \quad (1)$$

где M – масса сферы, кг,

c – скорость света в вакууме: $c = 0,299792458 \cdot 10^9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ [3],

R – радиус сферы, м,

G – гравитационная постоянная: $G = 6,67396|69| \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$ [4].

Поскольку определение других характеристик черных дыр, в том числе их строения и структуры, имеет большой научный интерес, который является ценным для понимания основ мироздания, поэтому актуальна потребность в данной работе. Для исследования таких неопределенных объектов, какими являются черные дыры, в первую очередь необходима разработка адекватных теоретических основ, обеспечивающих более полное знание о них, что является главной целью выполненной работы. Поиск таких основ является 1-й задачей данной работы, а доказательство их связи с параметрами черных дыр является ее 2-й задачей.

Исходные положения для достижения поставленной цели и решения поставленных задач. Сложность достижения поставленной цели и решения поставленных задач обусловлена тем, что пока теоретические и экспериментальные возможности для получения информации о внутреннем состоянии и структуре черных дыр не найдены, а в рамках их состояния (поглощения любого излучения, что исключает ответную информацию) такое невозможно в принципе.

Однако связь черных дыр с основами мироздания создает возможности адекватного выбора основ для теоретического анализа и проведения их исследований.

В работе [5] показано, что с основами материального мира и Вселенной в целом, связан 0-й уровень, который предваряет 1-й уровень – элементарных частиц. Параметры 0-го уровня формируются 7-ю фундаментальными физическими константами: частотой ν_U колебания волн Единого поля Вселенной (константа Настасенко), скоростью c света в вакууме, постоянной Планка h , гравитационной постоянной G , электрической постоянной

ε_0 , магнитной постоянной μ_0 и тепловой постоянной Вина b . На их базе могут быть получены все известные в настоящее время физические величины, в частности – волновые параметры гравитационного поля:

частота колебания волн ν_G :

$$\nu_G = \sqrt{\frac{c^5}{Gh}} = 7,39994 \cdot 10^{42} (c^{-1}) \rightarrow 7,4 \cdot 10^{42} (c^{-1}), \quad (2)$$

длины волны λ_G :

$$\lambda_G = \frac{c}{\nu_G} = 4,051249 | 432 | \cdot 10^{-35} (м). \quad (3)$$

энергетическая масса m_G (4), которая вытекает из волновой энергии $E_G = h\nu_G$ по закону де Бройля и связи между массой и ее полной энергией по закону Эйнштейна: $E = mc^2$:

$$m_G = \frac{E_G}{c^2} = \frac{h\nu_G}{c^2} = 5,455647896 \cdot 10^{-8} (кг). \quad (4)$$

Строгое определение частоты ν_U колебания волн Единого поля Вселенной, равного частоте ν_G колебания волн гравитационного поля и обоснование 0-го уровня материального мира являются научными открытиями, поэтому в рамках положения о научном открытии [6] им может быть дано имя его первооткрывателя – В.А.Настасенко.

Результаты работы и их обсуждение. Отличим и научной новизной данной работы является обоснование начального уровня для исследования строения и параметров черных дыр, связанного с реальными физическими величинами и строгое определение на этой базе их строения и параметров.

Анализ найденных параметров гравитационного поля (2)...(4) показал, что они строго квантуются с параметрами (1) сферы Шварцшильда. Например, при радиусе сферы, равном длине волны λ_G (3), полученная масса будет составлять величину (5), которая совпадает с $\frac{1}{2}$ исходной величиной энергетической массы гравитационного поля (4):

$$M = \frac{c^2 R}{2G} = \frac{c^2 \lambda_G}{2G} = \frac{5,455647896 \cdot 10^{-8}}{2} (кг), \quad (5)$$

Кроме того, при всех иных радиусах сферы Шварцшильда, кратных длине волны λ_G , в рамках соотношения R/λ_G , с тем же соотношением изменится масса сферы M/m_G . При этом общая масса сферы Шварцшильда изменяется с каждым слоем сферы λ_G на величину $\frac{1}{2}m_G$ скачкообразно, т.е. – квантами, согласно зависимости (6):

$$M = \frac{c^2 R}{2G} = \frac{c^2 n \lambda_G}{2G} (кг), \quad (6)$$

где n – соотношение радиуса черной дыры к длине волн гравитационного поля:

$$n = \frac{R}{\lambda_G}. \quad (7)$$

Таким образом, можно строго утверждать, что сфера Шварцшильда является сгустком гравитационного поля и имеет явную слоистую структуру в виде вложенных друг в друга сфер с толщиной λ_G с энергетической массой m_G этого поля. Выбор такой квантово-слоистой структуры обоснован квантованием всех величин, действующих на 0-м (субатомном уровне) материального мира, к которому относятся волны гравитационного поля. Поэтому квантово-слоистая форма сферы Шварцшильда в виде сгустка гравитационного поля имеет такое же право на существование, как и сама сфера Шварцшильда. Сделанный вывод существенно расширяет имеющиеся знания о подобных объектах материального мира и создает новые возможности для их исследований. Реальность найденных параметров сфер Шварцшильда и связанных с ними параметров черных дыр обоснована строгими физико-математическими закономерностями (2)...(7). В данной работе они представлены впервые, что отвечает всем признакам научного открытия

[6]. Таким образом, строго получены новые научные данные, определяющие структуру и строение черных дыр, расширяющие возможности их исследования, что свидетельствует о достижении всех поставленных в данной работе целей.

Общие выводы и сделанные научные открытия. Сфера Шварцшильда с радиусом $R = 4,051249 \cdot 10^{-35}$ м, равным длине λ_G волны гравитационного поля имеет массу $M = \frac{1}{2} \cdot 5,45565 \cdot 10^{-8}$ кг, равную половине энергетической массы m_G волн этого поля, что сводит черную дыру к сгустку волн гравитационного поля.

Изменение размеров сферы Шварцшильда на величину $R = 4,051249 \cdot 10^{-35}$ м, равную длине λ_G волн гравитационного поля, ведет к прямопропорциональному изменению ее массы на величину $M = \frac{1}{2} \cdot 5,45565 \cdot 10^{-8}$ кг, которая равна половине энергетической массы m_G волн этого поля, поэтому они имеют квантовый характер.

В рамках прямопропорционального изменения размеров R и массы M сферы Шварцшильда, ее внутреннее строение имеет вид лежащих друг на друге и расширяющихся от первой точки сферических слоев с квантовой толщиной λ_G .

Согласно принципу бесконечности видов существования объектов в бесконечной Вселенной, квантово-слоистая форма черных дыр, связанных со сферой Шварцшильда, имеет такое же право на научное признание, как и сама сфера Шварцшильда.

Найденная структура и параметры сферы Шварцшильда получены на базе строгих физико-математических зависимостей, состоящих только из фундаментальных физических констант: частоты ν_G колебания волн гравитационного поля Вселенной, скорости c света в вакууме, постоянной Планка h и гравитационной постоянной G , что строго подтверждает реальность и достоверность этой структуры и найденных ее параметров.

Все найденные структуры и их физико-математические закономерности строго вытекают из объективно существующих законов материального мира, которые коренным образом изменяют ранее известные научные данные и доказаны впервые, что соответствует всем критериям научного открытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николсон И. Тяготение, черные дыры и Вселенная: Пер. с англ. /Под ред. Н.В.Мицкевича. – М. : Мир, 1983. –240 с.
2. Четкое изображение сверхмассивной черной дыры в центре галактики M87. Режим доступа <https://nauka.tass.ru/nauka/8209031>.
3. CODATA Internationally recommended values of the Fundamental Physical Constants. Режим доступа : <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>.
4. Valentyn A. Nastasenکو. Possibility of Refining the Gravitational Constant and Solving the Task of Integrating the Gravitational and Electromagnetic Fields. / Valentyn A. Nastasenکو // Journal of Astrophysics & Aerospace Technology, 2018 № 6, 1. DOI: 10.4172/2329-6542.1000155.
5. Настасенко В.А. Новый уровень дифференциации материального мира и его обоснование // Science, society, education: topical issues and development prospects. abstracts of the 4th international scientific and practical conference. spc “sci-conf.com.ua”. Kharkiv, Ukraine. 2020. pp. 202 – 206. url: <http://sci-conf.com.ua>.
6. Цивільний кодекс України. Закони України. – Київ: Школа, 2003. – С. 142. Режим доступа : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/435-15>.

CREATION OF MATHEMATICAL MODEL OF TRACKER HYDRAULIC STABILIZATOR

Pelevin L.Ie., Gorbatyuk Ie.V., Terentyev O.O., Sviderskyi A.T., Volianiuk V.O.

*Kyiv National University of Construction and Architecture
(Ukraine, Kyiv)*

Introduction. A hydraulic occasion got wide application on lifting-transport, building, travelling and reclamative machines. It is assisted by advantages of occasions of such type, basic from that are a smoothness and evenness of motion of working organs, possibility of providing of large transmission relations, possibility of the smooth adjusting of speeds in a wide range, lightness of standardization and unitization of basic elements, small weight and small sizes of equipment, simplicity of fail-safes and their high reliability, lightness of management and adjusting, independent greasing equipment [1].

Actuality of the study. In the process of planning and exploitation of difficult hydraulic occasions actual are questions of reliability and management of distribution of streams the systems with the aim of providing of rational process of work. In a modern technique distribution of streams comes true by means of the systems of automatic control (SAC).

Problem statement. Modern hydraulic occasions of building machines are the difficult and ramified systems, as a result working organs that must work simultaneously (in parallel) feed from different sources (hydraulic pumps). It results in a failure in their work and that is why there is a requirement in stabilizing by establishment in the hydraulic system of tracker hydraulic stabilizator. One of such machines there are rotor earthmovers with a few working organs [2]. For stabilizing of work of these machines an optimal variant is establishment of hydraulic stabilizator with a tracker device [3].

Results of the study. In tracker hydraulic occasions, especially in the systems of automatic control and management, apply tracker devices by means of that an executing organ (exit) recreates moving of the set or sensible element of the system (to the entrance).

As a rule, power on an exit must be more power on an entrance, that is why in the tracker system include an amplifying link. In the amplifying link of tracker hydraulic occasion due to an extraneous energy source an entrance signal tests the frequent strengthening, and between an entrance and exit tracker motion at that an exit watches after moving of entrance is provided with certain exactness. In the systems of tracker hydraulic occasions with the reserved contour an exit is related to the entrance, and that is why an initial link gives a feed-back on an entrance.

After the structure hydraulic tracker occasions belong to the systems of automatic control (SAC), in that necessary descriptions can be provided by means of the broken a secret or reserved chain of management.

Necessary description of management, id est strict accordance between an entrance and exit, it is possible to attain a management (compensative chart) by means of the reserved chain. In him result of adjusting, that comes for reverse flow lines, automatically compared to the signal of management (by the program), and the got unconcordance causes an action that compensates this unconcordance automatically.

A functional diagram of tracker hydraulic stabilizator is the chart of the system of automatic control. As well as SAC, a hydraulic tracker stabilizator consists of three basic knots: knot of вводу of information, hydraulic strengthener and executive mechanism.

The knot of вводу of information has a device that sets the program of work of working organ. The task of him is forming of managing signal on the entrance of hydraulic strengthener in accordance with the set program. In a hydraulic tracker stabilizator a managing signal comes to the executive mechanism not directly, but through a strengthener that has a source of power.

At transferring of worker of oprana to space a managing signal that comes in a comparing device is formed, where signals that come the chains of connection are compared. At the

unconcordance of these signals the element of comparing device is displaced from neutral position, thus a signal that is proportional to the error comes farther where and worked off to complete disappearance. As a result of it a working organ moves at a speed of tracker serve.

Thus, totality of two speeds of moving – serve that is set, and tracker serve of worker of органа, – provides the stable stream of parallel lines of hydraulic occasion.

Due to the feed-back of tracker the system is provided, with certain exactness, accordance of entrance and exit.

Exactness of the system is determined by an error (by an error) with that an executive branch (exit) recreates transferring of pickoff to time.

In a hydraulic tracker stabilizator a managing signal comes to the executive mechanism not directly, but through a strengthener that has a source of power.

In this case depending on the type of working organ, for each individually parameters sneak up for position-finding.

After determination of error comports her permanent time-history, that gives an opportunity to analyse the system on exactness.

If the system reacts on changes, then here an error constantly heads for a zero, after the change of parameters the system is considered exact.

The sensitiveness of corresponding actions is characterized sometimes, during that an initial link reacts on moving of pickoff and the delay of working off throttles is characterized sometimes in relation to the change of pickoff.

Total time of delay of wearing-out of throttle can be in the first approaching certainly after a formula:

$$t_z = \frac{\Delta V + V_1}{Q_n + 0,5Q_c}, \quad (1)$$

where ΔV – is reduction to the volume of liquid in the system at the increase of pressure on a size Δp ; V_1 – is a volume of liquid necessary for filling of additional volumes in the system; Q_c – is a coil in the system after working pressure; Q_n – is a nominal expense of liquid in the system.

Take into account that:

$$Q_c = K_c P; \quad (2)$$

$$\Delta V = \delta S_1 L, \quad (3)$$

where K_c – is a coefficient of source of liquid; P – is working pressure in the system; δ – is a coefficient of reduction to the volume of liquid; S_1 – is a transversal cut of internal diameter of pipeline; L – is total length of pipelines of the hydraulic system.

Then according to [4] get the simplified equalization:

$$t_z = \frac{\delta S_1 L + V_1}{Q_n - 0,5K_c P}. \quad (4)$$

From dependence obviously, that it is necessary for reduction to time of delay of working off, that:

- 1) working channels and pipelines were maximally short and hard;
- 2) by volume losses were mionectic to the minimum;
- 3) serves of pump must be considerable.

The sensitiveness of stabilizator is determined for every concrete system on condition that a signal can be passed with a certain delay. But a sensitiveness of stabilizator must be such, not to violate stability of work all to the contour.

Conclusions. The worked out mathematical model of tracker hydraulic stabilizator provides the rational process of work of rotor earthmover with a few working organs by determination of managing influence. Due to a feed-back, the tracker system with certain exactness provides accordance of entrance and exit. A tracker hydraulic stabilizator owns sufficient

exactness, because after the change of parameters of the system an error constantly aspires to the zero, and by a sensitiveness, because the system tenderly reacts on the changes of initial element.

REFERENCES

1. Synthesis of the hydraulic and pneumatic automatic systems of logistic technique: trains aid / Pelevin L.Ye., Gorbatyuk Ie.V., Terentiev O.O., Sviderskyi A.T. Kyiv: Interservis. 2018. P. 228.
2. Hydraulics, hydromashines and hydropneumaautomation: textbook / Pelevin L.Ye., Mishchuk D.O., Rashkivskyi V.P., Gorbatyuk Ie.V., Arzhaiev H.O., Krasnikov V.F. Kyiv: KNUBA, 2015. P. 340.
3. Abrashkevych Yu.D., Pelevin L.Ye., Karpenko N.N. Hydroautomatic system of extinguishing of dynamic vibrations. Mountain equipment and electromechanics: scientifically-analytical and productive magazine. Moscow: Publishing house "New technologies", Vol. 1 (110), 2015. 34-39.
4. Pelevin L., Karpenko M. / MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Vol. 16, No. 8. LUBLIN-RZESZOW 2014. P. 119-126.

СНИЖЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Пятаков Э.Н., Короленко А.В., Ходаков В.Е., Дебела И.Н.

*Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова
(Україна)*

Соколов А.Е.

*Херсонський національний технічний університет
(Україна)*

Введение. Страны, территории Восточной Европы – это класс региональных социально-экономических систем (СЭС), функционирующих в условиях негативных природно-климатических факторов (ПКФ), приближенных к критическим, а страны Западной Европы находятся в зоне более мягких, более благоприятных для жизнедеятельности человека природно-климатических условиях (ПКУ) [1,2].

Более суровые природно-климатические условия, большие территории восточной Европы, приводят к удорожанию жизни, производственно-хозяйственной деятельности, а соответственно и к снижению ВВП.

Кроме того, в Восточной Европе, а, следовательно, и в Украине, общество имеет слабое понимание роли ПКУ в развитии экономики и промышленности, то есть налицо слабая просвещенность общества о природно-климатических особенностях территорий, стран и необходимо решение задач просвещения общества в области природно-климатических особенностей с целью повышения эффективности функционирования производств, предприятий [3].

Большие протяженные территории усложняют жизнедеятельность народа, усложняют процессы управления протяженными территориями. Процессы управления протяженными территориями более сложные, чем небольшими, компактными, характерными для Западной Европы. Это по сути дела две системы значительно большей сложности, большей размерности, с большей неопределенностью исходных данных, со значительно большей многокритичностью. Это требует более глубокого понимания явлений природы, принципов управления, принятия решений и необходимости высокой фундаментальности высшего образования.

Кроме отмеченного, на повышение стоимости жизни и хозяйственной деятельности оказывают влияние и черты, характерные для нынешнего времени:

- наличие признаков экономического, экологического, энергетического кризисов, обострение национальных и социальных конфликтов;
- происходящие в природе изменения, обусловленные активной деятельностью человека;
- культ потребления.

Цель работы. Системно-логический анализ СЭС регионального типа в условиях негативных природно-климатических факторов стран Восточной Европы выявил особенности функционирования этого класса систем, особенности негативных проявлений, методы и способы снижения и блокирования социально-экономических систем регионального типа в условиях Восточной Европы [1,3].

Изложим особенности этих систем и методы блокирования и снижения уровней негативности проявлений ПКФ.

Основное содержание. Отмеченные ниже особенности определяются особенностями климата, рельефа и среды Восточной Европы: негативными,

приближенными к критическим ПКУ, большими территориями и протяженными границами, особенностями сформированного менталитета.

Первой задачей на пути смягчения и блокирования негативных ПКУ является просвещение общества, выпуск и популяризация литературы об особенностях и возможностях воздействия климата на экономическую и хозяйственную деятельность человека в стране. Учет этих факторов по-новому позволит организовывать управление СЭС, странами, регионами как многофакторное управление с государственным участием, что позволит получить выигрыш как на уровне отдельных СЭС, так и на уровне государства.

Функционирование социально-экономических и производственных систем при неблагоприятных ПКУ больших протяженных пространствах в большей степени подвержено рискам и аналогично функционированию систем в условиях кризисов, даже прижился термин «рискованное земледелие». Поэтому концепция саморегулирующейся рыночной экономики с минимизацией государственного вмешательства не срабатывает, необходима концепция более активного государственного антикризисного регулирования. Функционирование экономики в негативных условиях и больших пространствах эквивалентно функционированию в условиях рисков и кризисов, на что имеется подтверждение других авторов [4].

Ряд стран с негативными ПКУ накопили положительный опыт блокирования негативных проявлений климата, который надо тиражировать и использовать. Для повышения эффективности экономики стран Восточной Европы, снижения уровня негативного влияния ПКФ, функционирующих в условиях более негативных ПКФ, чем в Западной Европе, на наш взгляд, целесообразно выполнять ряд следующих рекомендаций.

Выделения внутри территорий страны зон, регионов, в которых производство характеризовалось бы минимальными издержками, для чего необходимы методологии оценивания территорий, регионов, основанные на использовании математических моделей оценивания объектов СЭС. Это развитие аналогично уже давно использованного в составе стран (Норвегия, Швеция, Канада и др.) выделению экономически активных развитых зон.

Функционирование экономики в неблагоприятных климатических условиях. Как и функционирование экономики в условиях рисков и кризисов требует более активного участия государства в бизнесе. Социальной сфере, закреплению важной управляющей и координирующей роли государства в хозяйственной жизни страны (господдержка, рычаги госрегулирования), активного использования методов антикризисного управления [4,5,6]. Необходимо усилить роль государства в экономике. Доля государства в валовом продукте должна быть выше, сейчас она в Украине равна 30-35%, в то время, как в Западной Европе в целом – 43%, а в северных европейских странах (Норвегии, Финляндии, Швеции) превышает 60%. Для улучшения положения должна существовать государственная политика опережающего развития социальной и производственной инфраструктуры. Такой вариант приводит к снижению производственных расходов (издержек производства) и формирует территорию страны более конкурентоспособной. Основной, преимущественной опорой развития при негативных ПКУ могут быть внутренние, собственные инвестиции, а не внешние.

Использование сложившейся, т.е. уже имеющейся инфраструктуры при строительстве и развитии новых предприятий, объектов инвестиций, транспортных путей и сооружений, прежде всего расположенных в регионах с благоприятными ПКУ (в экономически развитых обитаемых регионах).

Активное применение и развитие ресурсосберегающих технологий и систем в промышленности, сельском хозяйстве, экономике страны. Украине необходимо работать в направлении более активного развития энерго и ресурсосберегающих технологий, брать пример, хотя бы с Беларуси, которая за годы независимости более чем в два раза улучшила

показатели удельной энергоемкости экономики и производства, хотя Беларусь и находится в зоне более суровых ПКФ чем Украина.

Поиск путей и возможностей использования особенностей ПКФ и географического положения страны, например, развитие Украины как транзитной территории между Европой и Востоком (автомобильный, железнодорожный, водный, трубопроводный транзит и т.п.). С этих позиций преимущества Украины во многом определяются значительными резервами ее транзитного потенциала. Необходимо развивать инфраструктурное логистическое обеспечение.

Создание и адаптация технологий и производства к реальным ПКУ, выведение сельскохозяйственных культур, пород животных, приспособленных к условиям более неблагоприятных ПКФ, адаптация и развитие соответствующих видов деятельности, ориентированных на неблагоприятные ПКФ, характерные для Восточной Европы.

Ориентация на интеллектуализацию капитала, экономики, стимулирование высокотехнологичных наукоемких экспортно-ориентированных технологий и производств, которые снижают уровень зависимости от негативных ПКФ, поддержка растущих возможностей науки и техники, широкое использование компьютеризации, современных систем организации науки и производства.

Для выживания страны в сложных современных условиях необходимо стимулировать развитие экспортно-ориентированных отраслей и проектов. Это, по сути дела постиндустриальные проекты, которые смогут обеспечить импорт продукции массового спроса. К этим направлениям могут быть отнесены: производство программного обеспечения, Web-дизайна, продукция атомной энергетики. Это такие направления, в которых доля интеллектуального труда в общем объеме производственного капитала более высокая и сводит затраты проектов к мало критичным ПКФ. Сюда же могут быть отнесены и некоторые другие высокотехнологичные отрасли, в которых доля НИОКР более высокая. В этих отраслях и проектах материальные и строительные затраты составляют меньшую часть капиталовложений, а большую составляет интеллектуальный капитал. Используемая здесь рабочая сила обладает высоким квалификационным потенциалом, является востребованной и конкурентоспособной.

В ряде передовых фирм Запада затраты на повышение квалификации персонала считаются инвестиционными и в 10-20 раз превышают затраты на оснащение новой техникой и капитальное строительство. Высокая заработная плата в этих проектах и отраслях скрывает в своей структуре инвестиционные средства, которые работники вкладывают как в свою квалификацию, так и в квалификацию своих детей.

Естественно, что реализация таких проектов (п.п. 2-8) возможна только при наличии в стране высоких стандартов образования с высокой фундаментальной подготовкой и при наличии понимания важнейшей роли науки. К сожалению, в ряде стран и прежде всего в Украине картина не очень радужная. На момент распада СССР Украина была обладательницей высококвалифицированной рабочей силы, имела мощный научный и технический потенциал, мощную промышленность. Однако год от года происходило и происходит разрушение научного, инженерного потенциала, разрушение системы образования, как среднего, так и высшего, разрушение самой науки. Наблюдается «утечка мозгов».

Одним из самых негативных последствий разрушения СССР является разрушение имевшейся системы образования, считавшейся одной из лучших в мире. Опыт СССР в образовательной сфере перенимали США, Япония, Китай. 2,4 миллиона ученых перестали заниматься научной деятельностью, 1,5 миллиона докторов и кандидатов наук иммигрировали из страны, ослабив тем самым генотип и пассионарную энергию общества [5,6,7].

В качестве подтверждения справедливости требования фундаментальности образования хотелось бы привести следующее: в 30-е годы XX столетия, в период

жесточайшего кризиса, когда Д.Т. Рузвельт в США стал президентом, он пригласил в свою команду целый выпуск Гарвардского университета, а это был и есть один из лучших университетов США, готовящий кадры с элитным уровнем образования. И этот шаг стал началом подъёма США как великой державы. Выпускники этого университета достойно показали себя в такое трудное время, способными решать совершенно новые задачи, даже те, которым их не учили в университете.

Следует отметить, что ориентация ряда стран Восточной Европы на Болонский процесс означает не что иное, как отход от принципов фундаментальности высшего образования, переход к среднему или даже ниже среднего уровню качества высшего образования и можно ожидать, что это приведет к дальнейшему снижению уровня образования населения и нарушению принципов преемственности системы образования населения.

Приведем требования к системе образования страны с негативным ПКФ и большими протяженными пространствами.

Система образования должна активно поддерживаться государством, аналогично тому, как государство имеет отношение к оборонному ведомству. Система образования в целом должна ориентироваться на фундаментальность самого образования (основательность), должна иметь более «мощный фундамент образования». Система образования должна готовить кадры высокого уровня качества, получившего название «человеческий капитал», кадры, формирующие элиту общества, государства, отвечающее современному уровню развития науки, отвечающие и удовлетворяющие следующим требованиям:

Специалисты должны быть способны к адаптации, к изменяющимся условиям, развитию науки и техники, обладать возможностью изменять свои взгляды на роль профессии, в связи с развитием науки и техники, уметь находить решения в новых областях, в новых негативных и критических условиях, а это возможно только при большей фундаментальности подготовки. Фундаментальность образования в данном случае – это не блажь, это не пожелание, а жесткая необходимость. Кроме того, специалисты должны:

- быть патриотами организации, страны, иметь патриотический настрой;
- обладать высоким лидерским потенциалом, мыслить масштабно;
- работать в условиях риска и управлять рисковыми ситуациями;
- работать творчески, быть способными к импровизации, в своей деятельности сочетать научный подход с искусством;
- быть готовыми применять и развивать свои знания в новых областях, объединять в единое целое знания, интуицию и накопленный опыт;
- уметь работать с людьми и коллективом, создавать условия для работы подчиненных;
- уметь диагностировать состояние науки, производства, техники, подчинённых и сотрудников;
- быть обучаемым – то есть способным в течении всей жизни к постоянному накоплению и совершенствованию своих знаний и управленческой деятельности, видеть и прогнозировать тенденции будущего (требование обучения в течении всей жизни);
- уметь принимать решения в нужное время и оперативно.

На систему образования также возлагается формирование (продуцирование, создание) патриотической деловой элиты, которая бы стремилась развивать менее эффективный отечественный бизнес, определяемый неблагоприятными климатическими условиями. Элита должна способствовать обязательной интеллектуализации этого бизнеса, интеллектуализации капитала, работать на благо и развитие своей страны.

Высокий уровень образованности населения, системы образования для подготовки высококвалифицированных кадров, способных решать задачи адаптации, развития и стимулирования новых технологий и новаций, позволяющих в условиях неблагоприятного

климата развивать высокоэффективную и конкурентоспособную экономику. Функционирование СЭС в условиях негативных ПКФ вызывает необходимость преодоления кризисных явлений и рисков и предъявляет принципиально новые дополнительные требования к высшей школе, к высшему образованию, системе подготовки кадров высокой квалификации принципиально нового качества с высоким уровнем фундаментальной подготовки. Фундаментальность высшего образования – это соединение научного знания и процесса обучения, дающее понимание того, что все мы живем по законам природы и общества, игнорирование которых малограмотным человеком очень опасно для общества.

Необходимо перенимать опыт передовых северных стран, таких как Норвегия, Швеция, Финляндия, Канада. В этих странах образование, повышение уровня развития человеческого капитала, уровня образованности населения решает задачи формирования определенных черт общества, таких как однородность общества, однородность и бесконфликтность культуры общества, общей идентичности с характеристиками, благодаря которым могут создаваться благоприятные условия для установления консенсуса в обществе, в стране, что характерно для развитых северных стран Норвегии, Швеции. Образование и воспитание может формировать условия для развития бесконфликтности в обществе и государстве, общественной солидарности, традиций мирных способов разрешения конфликтов и переходов от власти к власти, минимизации социального расслоения или же его отсутствия. Высока роль образования, воспитания и культуры для формирования социальной защищенности, формирования и воспитания высокого уровня патриотизма общества, формирование элиты общества.

Таким образом, поле деятельности высшего образования, высшей школы в новых условиях расширяется (рис. 1), оно начинает играть роль самого высокого, самого главного фактора, решающего широкий круг задач самого разнообразного назначения.



Рисунок 1 – Поле деятельности высшего образования.

Образование для стран с неблагоприятным климатом играет особую роль поскольку страны Восточной Европы – зоны повышенных рисков во всех сферах жизнедеятельности и экономики. Оно призвано готовить не только специалистов, но и более главное – патриотов своей страны и это касается прежде всего элиты общества, которая бы поддерживала и вкладывала свои знания и «деньги» в менее эффективный отечественный бизнес, интеллектуализируя этот бизнес и экономику.

Образование должно способствовать формированию общественной солидарности, бесконфликтности, а, следовательно, к мирным способам управления и передачи власти. И при этом представители элиты, собственники и руководители обязаны демонстрировать

примеры солидарности с простыми работниками, населением. Пример этого: в Японии после II Мировой войны, в США в период преодоления Всемирного кризиса в 30-х годах XX века руководители многих фирм и предприятий устанавливали себе заработную плату на уровне простых работников в знак общественной солидарности. Если все тяжести несет простой работник, а руководители, политическая и деловая элита демонстрируют тягу к роскоши, улучшения не может быть.

Еще одним недостатком является высокий уровень коррупции. Общества России, Украины формировались в более негативных природно-климатических условиях с более большими территориями и протяженными пространствами, с высоким уровнем коллективизма и иерархии, что способствует более высокому уровню коррупции. Коррупция как черта общества более свойственна странам Восточной Европы, прошедшим формирование в течении длительного исторического периода, в более тяжелых ПКФ. Здесь более слабо развиты институты демократии и более низкая ценность личной свободы в противовес общественной, коллективистской [7÷11].

Высокий уровень развития человеческого капитала, высокий уровень развития образования может выполнять роль блокирования и снижения негативных проявлений природно-климатических факторов и высокого уровня коррупции. Необходимо, наряду с борьбой с коррупцией, поддерживать высокий уровень образования и прежде всего его фундаментальности, образованности населения, в целом поддерживать высокие стандарты просвещения, культуры и воспитания. Высокий уровень образования, высокий уровень развития человеческого капитала могут эффективно выполнять роль фактора, блокирующего негативные проявления коррупции и отрицательного влияния проявлений природно-климатических условий [5].

Негативные, приближенные к критическим ПКУ, большие территории (протяженные пространства) стран Восточной Европы приводят к тому, что климат различных регионов одной страны может сильно отличаться, что отражается на стоимости жизни и стоимости экономической деятельности в различных регионах. Сильно отличающаяся стоимость жизни и экономической деятельности различных регионов страны и зависимость стоимости от ПКФ регионов вызывают целесообразность внесения изменений в структуру и характер управления социально-экономическими системами, а также системы налогообложения и ценообразования. Это могут быть самые различные средства, способы, мероприятия, например, установление базовых поправочных коэффициентов, различных для разных регионов, территорий и т.п.

Заключение. Блокирование негативных проявлений факторов природно-климатического характера СЭС стран Восточной Европы возможно и это приводит к повышению эффективности функционирования СЭС, отражается в соответствующих стратегиях и мероприятиях парирования. Жизнедеятельность человека в Восточной Европе всегда возможна, но она является более затратной, требует дополнительных средств и ресурсов, что и подтверждается более чем тысячелетней историей стран Восточной Европы.

Все эти перечисленные задачи в большей степени ложатся на образование. Еще раз подчеркнем: образование – важнейший фактор развития науки, экономики, страны, человеческого капитала и блокирования негативных проявлений ПКФ, в том числе и коррупции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходаков В.Е. Природно-климатические факторы и развитие социально-экономических систем/В.Е. Ходаков, Н.А. Соколова – Херсон: Из-во ХДМА, 2016-604с.
2. Гумилев Л.Н. от Руси до России/ Л.Н. Гумилев- М.: ЛСТ - Москва, 2006 - 416с.
3. Ходаков В.Е. Влияние природно-климатических факторов на процессы развития социально-экономических систем/В.Е. Ходаков, Н.А. Соколова//Материалы VI

международной конференции «Стратегии качества в промышленности и образовании» – Варна, Болгария - 2010-с. 530 - 43.

4. Губаренко Е.В. Модели и методы управления устойчивым развитием социально-экономических систем/ Е.В. Губаренко, А.О. Овезгельдиев, Э.Г. Петров – Херсон:Из-во Гриць, 2013 – 552с.

5. Ходаков В.Е. Высшее образование взгляд со стороны и изнутри. / В.Е. Ходаков, Херсон, 2006-338с.

6. Андреева Н.А. Системология антикризисного управления регионом: теоретические подходы и особенности реализации. Н.А. Андреева /Економічні іновачії – 2010, вип. 40 –с.6-22.

7. Игнатюк О.А. Управленческие технологии в профессиональной деятельности руководителя-лидера. / О.А. Игнатюк// Теорія та практика управління соціальними системами. – Харків НТУ; XIII – 2004, №1, с.19-29.

8. Материалы международного энергетического форума «Энергетический сервис в странах СНГ». / ж.з. Зенкевич – Алушта – 2012, 217с.

9. Дмитренко В.П. Адаптація меліоративного землеробства до непогоди та клімату. / В.П Дмитренко // Вісник аграрної науки – 2003.-№2 – с.52-56.

10. Шаститко А.Е. Новая институциональная экономическая теория. / А.Е Шаститко – М.: «Тенс», 2002, 256с.

11. Фуруботн Э.Г. Институты и экономическая теория. Достижения новой экономической теории. / Э.Г Фуруботн. Р.РихСПб.: Из-дат.дом., 2009, 312с.

ОСОБЛИВОСТІ РЕГІОНАЛЬНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ

П'ятаков Е.М., Короленко О.В., Ходаков В.Є., Дебела І.М.

*Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова
(Україна)*

Соколов А.Е.

*Херсонський національний технічний університет
(Україна)*

Вступ. Розглянемо клас регіональних соціально-економічних систем (СЕС) України. До даного класу систем відносяться регіони, області, райони та їх складні складові частини – такі як, наприклад, служби житлово-комунальних господарств (ЖКГ), об'єкти промислової, комунальної, енергетичної сфери України, як складові частини Східної Європи. Для країн Східної Європи необхідним є розвиток механізмів зменшення залежності національної економіки від впливу природно-кліматичних факторів (ПКФ) і ресурсів, тим самим забезпечуються стійкі тенденції розвитку СЕС, і тут важлива роль у розвитку економічного потенціалу належить регіональним СЕС [1,2].

Метою роботи є виявлення та формування основних специфічних рис та особливостей регіональних СЕС, якими необхідно оперувати та доцільно використовувати в управлінні регіональними СЕС.

Основний зміст. Принципи системності передбачають дослідження СЕС як специфічної системи, з певним набором, притаманних лише їй, особливостей.

Цілісність системи: усі елементи та складові частини системи налаштовані на досягнення єдиної загальної мети, що стоїть перед системою в цілому. Цілісність означає, що зміна будь-якого компонента системи впливає на решту компонентів і приводить до змін системи у цілому.

Ієрархічність: система у цілому може розглядатися як один із складових елементів вищого порядку. Наприклад, регіон розглядається як один із складових елементів досліджуваної країни (України).

Інтегративність, коли система у цілому має властивості відсутніх в ній елементів.

Значна інерційність системи, що визначає можливість, з високим ступенем достовірності, передбачати розвиток системи у майбутньому.

Високий ступінь надійності функціонування, що визначається взаємозамінністю компонентів і способів функціонування системи.

СЕС локалізована в часі та просторі, а також по відношенню до її альтернативних варіантів. Вона має певні історичні, географічні, етнічні, духовні, політичні та економічні межі. Це означає, що СЕС може втілюватися в окремих державно-політичних утвореннях.

Регіон – це соціально- політична просторова цілісність, з характерною структурою виробництва, наявністю усіх форм власності, концентрацією населення, робочих місць, духовного життя людини, з місцевими органами управління. СЕС визначаються як складні штучні активні системи з ендогенною орієнтованістю. Перечисленні особливості обумовлені тим, що системотворчим елементом СЕС виступає соціальний індивід (соціальна група), метою якого є максимізація ступеню задоволення особистих потреб, а СЕС розглядається як інструмент досягнення вказаної мети. Соціальний індивід виступає споживачем кінцевого цільового ефекту СЕС, а також її основним системотворчим ресурсом. Перехід до концентрації стійкого розвитку в суспільстві передбачає необхідність розвитку теорії та практики управління СЕС.

Проблеми управління СЕС принципово відрізняються від проблем автоматичного та автоматизованого управління технічними системами. Ця відмінність полягає в тому, що в

технічних системах цілі управління є екзогенними - зовнішніми по відношенню до об'єкта управління, що означає пасивність об'єкта управління, відсутність в ньому внутрішніх (ендогенних) цілей і як наслідок можливість визначення оптимального алгоритму, закону управління.

Цілі системи більш високого рівня та ендогенні цілі локальних організаційних систем у загальному випадку не співпадають. У цьому випадку проблема ефективного управління трансформується в проблему прийняття узгоджених рішень як компромісу між ендогенними та екзогенними цілями системи [3].

Глобальною метою будь-якої СЕС є максимізація ступеню задоволення запитів суспільства. Непрямим, але досить репрезентативним кількісним показником цього процесу, є нормований на душу населення, валовий внутрішній продукт (ВВП). ВВП - це узагальнений кількісний критерій, що оцінює в монетарних одиницях рівень розвитку виробничо-економічного потенціалу, виробничий валовий продукт і середній рівень споживання СЕС. Узагальнена оцінка рівня задоволення попиту суспільства (Q) визначається наступним виразом [4]:

$$Q = F_1(V_{\text{ВВП}}) \quad (1),$$

де $V_{\text{ВВП}}$ - об'єм ВВП.

Досягнення глобальної мети СЕС можливо двома способами: максимізацією ВВП:

$$V_{\text{ВВП}} \rightarrow \max, \quad (2)$$

або вибором ефективного оператора перетворення F_1 , який визначає соціально-економічну структуру суспільства та концентрацію його розвитку. Соціальна структура суспільства більш консервативна порівняно з економічною.

Створення ВВП базується на використанні природних (корисні копалини, кліматичні умови, екологічними особливості, інше) та соціальних ресурсів, які злічені та обмежені.

На сьогодні у процесі виробництва ВВП частина ресурсів втрачається, що при теперішніх темпах їх використання приводить до вичерпності ресурсних запасів та зростанню вартості ресурсів.

Ресурси, що відносяться до поновлюваних або умовно поновлюваних, у процесі створення ВВП втрачають свої якісні характеристики (вода, повітря, родючість ґрунтів). Все більша частка ВВП витрачається не на розвиток і споживання, а на ліквідацію наслідків виробництва ВВП. Як наслідок реальний ВВП СЕС зменшується на величину $Z_{\text{ВВП}}$.

$$R_{\text{ВВП}} = V_{\text{ВВП}} - Z_{\text{ВВП}} \quad (3)$$

СТС з точки зору системного аналізу, як будь-яка складна система (S), може бути представлена як упорядкована множина елементів (M), відношень (R) та властивостей (P) [5]:

$$S = \{M, R, P\}. \quad (4)$$

Упорядкована множина елементів і відношень утворює структуру:

$$C = M \times R, \quad (5)$$

яка в свою чергу, породжує властивості системи

$$P = F_2(C), \quad (6)$$

де F_2 – оператор, що відображує залежність властивості від множини елементів і відношень.

Існують природні (нецілеспрямовані) та штучні (цілеспрямовані) системи. Природні системи представляють собою стійке структуроване об'єднання елементів, яке досить часто знаходиться у стаціонарному, або рівноважному стані. Вони сформувалися з початкового хаосу в результаті природних процесів, що базуються на фундаментальних законах, що визначають множину можливих стійких станів (структур) та їх властивості. Природні системи утворюють об'єктивне середовище існування людства [6].

Вивчення природних систем (4) дозволяє ідентифікувати фундаментальні особливості існування стійких структур (5) та утворення властивостей (6) і базуючись на

цих знаннях цілеспрямовано створювати штучні системи зі властивостями, що забезпечують досягнення поставлених цілей.

Після того як ми розглянули умови, в яких функціонують СЕС, перейдемо до визначення особливостей СЕС як складних систем та формуванню вимог щодо управління СЕС. Викладемо ці особливості регіональних СЕС України, тобто регіональних СЕС в умовах негативних ПКФ.

Для України (Східної Європи) характерні більш суворі негативні ПКУ, ніж для Західної Європи, які ускладнюють життєдіяльність людини та обумовлюють значно вищі виробничі, побутові та інфраструктурні витрати, що приводить до зростання собівартості виробленої продукції, більш тривалому періоду окупності. Таким чином. В умовах, в яких функціонують регіональні СЕС при негативних ПКФ відбувається зростання вартості життя та виробничо-господарської діяльності людини.

Територія країн Східної Європи, в тому числі України, характеризуються великими площами, меншою щільністю населення, більш протяжними транспортними шляхами та кордонами, що додатково підвищує рівень ризиків, приводить до збільшення прожиткової вартості та витрат виробничо-господарської діяльності.

Обізнаність суспільства України, Східної Європи про роль, ступінь та значення впливу природно-кліматичних умов на менталітет населення, на рівень розвитку економіки регіонів дуже низька та практично не враховується у виробничо-господарській діяльності як регіонів, так і країн у цілому. Просвіта суспільства, популяризація знань про клімат, природно-кліматичні особливості в країнах Східної Європи практично відсутня, як і не здійснюється розповсюдження наукової та науково-популярної літератури про ПКУ наших країн. Окрім економічних втрат така ситуація приводить до зниження рівня інформаційної безпеки особистості, суспільства, як наслідок, до зниження соціальної стабільності держави.

Витрати на забезпечення тепловою енергією в побуті, промисловості і сільському господарстві Східної Європи значні, так як довгим є морозний період, що приводить до значного споживання газу, вугілля та інших енергоресурсів для виробництва теплової енергії. Енергоефективність виробництва в Україні є більш витратною, ніж в Західній Європі. Висока енергоємність обумовлена сумарною дією негативних ПКУ (довгим періодом опалення – 6-7 місяців у рік) та застосуванням застарілих технологій та обладнання (70-80-ті роки минулого століття).

Базові потреби українського споживача (споживача Східної Європи) значно більші, ніж у споживача Західної Європи, а можливостей їх задоволення значно менше.

Багато об'єктів Східної Європи функціонують в умовах негативних природно-кліматичних факторів і в силу цього для усіх процесів регіональних СЕС характерним є наявність криз різного роду, а це означає, що контролювати процеси можливо лише при реалізації державного антикризового управління. В Україні пріоритетним є використання та розвиток державного антикризового управління практично в усіх сферах суспільства та економіки.

Економіка країн Східної Європи менш розвинута ніж Західної, тому відповідно нижчий і ВВП країн Східної Європи ніж Західної.

Для країн Східної Європи характерні вищі рівні корупції. Біль високий ступінь корумпованості суспільства, що визначається протяжним історичним процесом формування суспільства в умовах негативних природно-кліматичних факторів і колективних рис нашого минулого суспільства, взаємної підтримки та виручки. Колективна духовність об'єднувала народ в общини. Для такого суспільства характерним є більш високий рівень корупції, у поєднанні зі цінностями колективної належності та ієрархії. У такому суспільстві недостатньо розвинуті інститути демократії і більш низька цінність особистої свободи. Корупція – це спадок нашого історичного минулого. Поступово, з часом

вона буде зменшуватись і зникне, як суспільне явище. Поки що, необхідно розвивати та підтримувати високий рівень обізнаності суспільства та фундаментальної освіти населення.

Найбільший вплив на соціально-економічні системи в негативних природно-кліматичних умовах надає система вищої освіти. Причому, функції вищої освіти розширюються. Першою функцією, як і раніше є підготовка кадрів, фахівців, але тепер вже вищого рівня якості, так званий «людський капітал». «Людський капітал», у свою чергу, є основою розвитку економіки країни. Наступною функцією, або призначенням вищої освіти є формування еліти країни, суспільства, яка і визначає стратегію розвитку держави. Невід'ємною функцією є вплив сучасної вищої освіти на регіональні СЕС, а саме: зменшення та блокування негативних проявів ПКФ; зменшення корупційних проявів у державі.

Несприятливі ПКФ, великі протяжні простори, наявність різного роду ризиків говорять про те, що для даного класу СЕС найбільш доцільною та корисною з позиції економіки є сильна центральна влада, а не парламентська республіка, навпаки - президентська республіка з сильною вертикаллю влади.

Виділимо узагальнені риси СЕС, як елементів складних систем.

По-перше СЕС даного класу – це штучна складна активна система з ендегенним цілеспрямованям. Системо утворюючим елементом СЕС є соціальний індивід (соціальна група), метою якого є максимізація ступеню задоволення особистих потреб. Відмінними особливостями цього класу систем є обмеженість інформації про показники та індекси, що описують стан і динаміку поведінки СЕС, відсутність достатньо повного спектра моделей опису станів СЕС, недостатність даних про природно-кліматичні фактори, як складової частини зовнішнього середовища СЕС, неможливість проведення повного обсягу експериментів. Виходячи з цього, даний клас СЕС в умовах негативних природно-кліматичних умов, можна віднести до слабо формалізованих систем. Це по-друге. При ідентифікації СЕС раніше, враховувались показники економічного та соціально-економічного напрямків. Нами показана необхідність додаткового врахування показників природно-кліматичного та культурно-освітнього напрямків. Тому опис моделей СЕС розглядається як опис моделей значно вищої складності, більшої невизначеності вхідних даних, із врахуванням додаткових нелінійних факторів та багатокритеріальних. Таким чином, управління СЕС як об'єктом має бути багатфакторним. Це по-третє.

По-четверте, функціонування та управління СЕС в умовах негативних ПКУ еквівалентно функціонуванню та управлінню в умовах криз. Як наслідок, управління СЕС в даних умовах має бути антикризовим.

По-п'яте, антикризове управління має здійснюватися з активною участю держави.

Таким чином, СЕС, як система в умовах Східної Європи може бути представлена, як складна штучна активна, слабо формалізована система, з ендегенною цілеспрямованістю, а управління такою системою має бути багатфакторним, антикризовим із активною участю держави.

Довгі роки в основі управління СЕС лежала концепція економічного зростання, орієнтована на кількісне зростання економічних показників: збільшення об'ємів виробництва та споживання, максимізацію прибутку та темпів росту ВВП. Ця концепція зіграла свою роль у становленні та розвитку індустріального суспільства, була забезпечена задовільними ПКУ, запасами природних копалин та станом економіки [6,7].

На сьогодні ринкова економіка в класичному виді, основана на принципах саморегулювання, законах попиту та пропозицій, більше не здатна виконувати роль основної рушійної сили розвитку держави.

Висновок. Регіональні СЕС, як системи, в умовах Східної Європи, у тому числі України, можуть бути представлені як складні штучні активні, слабо формалізовані системи з ендегенним цілеспрямованям, а управління такою системою має бути

багатофакторним, антикризовим із активною участю держави (державне, антикризове, багатофакторне управління СЕС).

На теперішній час ринкова економіка в класичному представлені, основана на принципах саморегулювання, законах попиту та пропозицій, більше не здатна здійснювати функції основної рушійної сили розвитку держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. Губаренко Е.В. Модели и методы управления устойчивым развитием социально-экономических систем/ Е.В. Губаренко, А.О. Овезгельдиев, Э.Г. Петров – Херсон: Из-во Гриць, 2013 – 552с.

2. Ходаков В.Е. Природно-климатические факторы и развитие социально-экономических систем/В.Е. Ходаков, Н.А. Соколова – Херсон: Из-во ХДМА, 2016-604 с.

3. Петров Э.Г. Методология формирования многофакторных оценок и ограничений устойчивого развития социально-экономических систем/ Э.Г.Петров, Е.В.Губенко// Весник ХНТУ-2010, №1, с.151-161.

4. Овезгельдиев А.О. синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации/ А.О.Овезгельдиев, Э.Г.Петров – К.: «Наукова думка», 2002 - 161с.

5. Петров Э. Г. Методы и инструментальные средства систем поддержки принятия решений при организационном управлении социально-экономическими системами/ Э.Г.Петров, Е.В.Губаренко// Бионика интеллекта – 2010. - №3. –с.76-81.

6. Губаренко Е. В. Методология формирования количественных оценок уровня развития региона/ Е.В.Губенко, Н.В.Подмогильный// Весник ХНТУ – 2010, №2(38). – с.76-80.

7. Згуровский М. З. роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества/ М.Згуровский, Г.А.Статюха// системні дослідження та інформаційні технології – 2007. - №1. – с.19-38.

THE MAIN PRINCIPLES OF THE ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC BASIS OF THE DEVELOPMENT OF THE PERMANENT STRUCTURES OF TRANSPORT SYSTEMS OF UKRAINE IN THE CONTEXT OF THE MULTIMODAL TRANSPORTATION

Remzina N.

*Institute of Market Problems and Economic-Ecological Research, The National Academy of Sciences of Ukraine
(Ukraine)*

Introduction. The transport system is one of the basic branches of the economy of Ukraine. However, today the transport system has the low level of development of the permanent structures of transport systems to ensure the proper volume of the multimodal transportation. This is caused by the imperfection of the regulatory and legal regulation of multimodal transport issues, the uncertainty of the strategic foundations of their development. The communication routes of Ukraine do not meet the world standards. There are not enough multimodal transport terminals in Ukraine. Due to the lack of state support and the lack of a favorable investment climate, there is no development of existing multimodal infrastructure facilities.

Relevance of research. The urgency of the problems of the permanent structures of transport systems of Ukraine on the basis of multimodality is confirmed by the experience of the developed countries, where regional, national and transnational transport and logistics systems are being actively improved. Despite the relevance of the issue of multimodal permanent structures development, most studies are focused on the problems of multimodal transportation, the interaction of different modes of transport in the transport terminal, but insufficient attention is paid to the multimodal permanent structures development.

Formulation of the problem. The purpose of the research is to improve the principles of formation of organizational and economic support for the development of permanent structures of transport systems on the basis of multimodality. In order to achieve this goal, it is advisable to identify the factors that are the prerequisite for the development of communication routes and transport terminals.

Research results. The basic prerequisites for the multimodal transportation development are the effective legal framework, the availability of technical facilities and appropriate permanent structures of transport systems, namely transport terminals and communication routes.

Transport terminals occupy the leading position in such transportation as they are the point of interconnection of different modes of transport. In Ukraine, the most widespread multimodal freight transportation is based on the road, rail and sea modes of transport. Most often, multimodal transportation is focused on the seaports, first of all - Chornomorskiy, which has a multimodal (railway-ferry) terminal, Odessa and Pivdenniy, that have developed terminals and deep-water access channels and water area [1, p.58].

Multimodal transportation requires the harmonization of regulatory, technical, organizational, financial, logistical and other factors that take place in the process of moving goods through the territory of the countries. These factors are a prerequisite for the development of permanent structures of transport systems on the multimodality base. Let us consider these factors in more detail.

1. Harmonization of regulatory factors means the integration of the legislative framework of countries participating in the multimodal transportation. Currently, there are provisions on multimodal and combined transportation, which are contained in separate sections of international conventions as well as in conventions and agreements that are fully dedicated to this type of transportation. In particular it should be noted, The Convention concerning International Carriage by Rail (COTIF), United Nations Convention on International Multimodal Transport of Goods,

etc. In addition to international conventions and agreements, multimodal transport within the EU is governed by Council Directive 92/106 / EEC on access to the market in the carriage of goods by road within the Community to or from the territory of a Member State or passing across the territory of one or more Member States.

According to the Association Agreement between Ukraine and the EU, Ukraine is required to implement Directive 92/106 / EEC [2]. The Ministry of Infrastructure has developed a plan of measures to implement the Council Directive.

2. The harmonization of technical factors consists in updating the capacities of the permanent structures and forming the prerequisites for compliance with the latest world standards of services quality.

3. Coordination of organizational factors means the optimization of the structure of management and monitoring processes. It is advisable to use the divisional management structure for the permanent structure development process as it contains relatively separate units that have their own sphere of activity, responsibility centers, and able to solve current production issues quickly and independently. The key advantages of the divisional management structure are result orientation, flexibility, high speed of decision making, active generation of technological and business ideas by the heads of strategic divisions.

4. In order to harmonize the financial factors, it is advisable to explore the experience of leading countries in the field of permanent structures development. Thus, most permanent structures in Canada are funded from the provincial budget, a small part from the municipal, some of the funds reimburses the federal budget. Roads of national importance that run through the territories of municipalities, provinces, and national parks are co-financed by 1/3, 1/2, or 3/4 of the federal budget, depending on the decision of the federal government, as well as the financial opportunities of provinces, territories and municipalities. The infrastructure projects are also financed by the special funds of the federal level [3].

In the USA the inland waterway financing is funded from the federal budget. In Europe, inland waterway maintenance is also carried out at the expense of the federal budget with the additional attraction of funds from regions and private companies (Germany, Austria, Great Britain, France) [4, p.39].

5. Coordination of logistical and other factors. It is important to create a customer-oriented transport service system and ensure the efficient organization of transport terminals. The multimodal transportation development should be based on the elimination of departmental and technological separation of the railways, ports, road and river transport. The logistics transport network has to be balanced, resource-efficient and energy-efficient, taking into account the harmonious development of roads, railways, inland waterways and other communication routes [5, p.35].

The issue of safety, environmental friendliness and energy efficiency of permanent structures is also important. Therefore, the development of multimodal transportation requires the harmonization of the safety management system according to international standards.

Determined factors are system-forming for the definition of the basic principles of the permanent structures development.

The analysis of scientific works concerning the transport systems of Ukraine allowed to determine the following basic principles of organizational and economic basis of the permanent structures development in the context of multimodal transportation (Fig. 1).

These principles should be set as the basis for the development of the transport terminals and communication routes of Ukraine.

Conclusions. The basic principles of the organizational and economic basis of the development of the permanent structures of transport systems of Ukraine in the context of the multimodal transportation are formed. It is given the content and application orientation of the specified principles.

The principles	Content and application
The principle of interdependence	Analysis, accounting and approval of the interconnection of regulatory, technical, organizational, financial, logistical and other factors that occur in the permanent structures development based on the multimodality. It allows to apply the optimal development methods, world leading experience, modern technical tools and management system, as well as to rely on the international legal field
The principle of diversity of development approaches	Provides invariance of methods for solving regulatory, technical, organizational, financial, logistical and other problems. It allows to maneuver in the development approaches to select the most optimal method and / or to combine a range of management methods and organizational structures
The principle of interconnection	Requires consideration of the world trends and dominant factors of the permanent structures development that affect on the traffic flows. It allows to formate the interdependent optimal multimodal infrastructure taking into account socio-economic and geopolitical factors
The principle of load capacity	Provides the consideration of the status and capabilities of the available permanent structures capacities. It allows to optimize load handling, to determine the development potential and required investment
The principle of controllability	Provides the analysis and control of changes in the legal field, in particular, the international law as well as the market environment. It allows to take into account the consequences of the management and regulation methods applied, as well as to predict the possible crises
The principle of consistency	It means the consistency of logistics with production and consumption volumes. Provides the ability to simulate the multimodal traffic flows, taking into account production volumes and consumption in certain territories in order to maximize (or optimize) load on carriers
Principle of environment uncertainty	It means the necessity to take into account the degree of environment uncertainty and its impact on the production processes. It allows to form and systematize the model of competitive environment taking into account the international geopolitical trends for timely and adequate response for changes in market, geopolitical, tariff and other conditions
The principle of environmental friendliness and energy efficiency	It is based on the compliance with relevant international norms and standards. It allows to reduce the corresponding costs, expand the range of potential participants of the multimodal transportation by adhering of the international norms and standards, ensuring energy efficiency and environmentally friendly transportation

Fig. 1 – Principles of the organizational and economic basis of the development of the permanent structures of transport systems of Ukraine in the context of the multimodal transportation (developed by author)

REFERENCES

1. Nykyforuk O.I. (2018) Rozvytok transportu z metoyu vidnovlennya i zrostannya ukrayins'koyi ekonomiky: naukova dopovid' [Development of Transport for the Recovery and Growth of the Ukrainian Economy: Scientific Report]. Kyiv, 200 p. (in Ukrainian).
2. Pro vstanovlennya spil'nykh pravyl dlya okremykh typiv transportuvannya tovariv mizh derzhavamy-chlenamy: Dyrektyva Rady 92/106/YeES [On the establishment of common rules for certain types of carriage of goods between Member States: Council Directive 92/106 / EEC of 7 December 1992] 07.12.1992. Available at: <http://www.transport-ukraine.eu/docs/direktiva-radi-92106iees-vid-7-grudnya-1992-roku-pro-vstanovlennya-spilnih-pravil-dlya-okremi-0>, (accessed: 22.02.2020) (in Ukrainian).
3. Kanads'kyi dosvid detsentralizatsiyi transportnoyi infrastruktury. Tsentr transportnykh stratehiy. [Canadian experience in decentralizing transport infrastructure. Transport Strategy Center]. Available at: https://cfts.org.ua/blogs/kanadskiy_dosvid_detsentralizatsi_transportno_infrastrukturi_235 (accessed: 22.02.2020) (in Ukrainian).
4. Mykhaylychenko K. M. (2015) Shchodo klyuchovykh polozhen' zakonoproektu «Pro vnutrishniy vodnyy transport» v konteksti reformuvannya ekonomiky Ukrayiny. [Concerning the key provisions of the Inland Water Transport Bill in the context of reforming Ukraine's economy] Economic Journal – XXI, vol. 9-10, pp 36-40 (in Ukrainian).
5. Remzina N.A. (2019) Teoretychni zasady, umovy ta perspektyvy rozvytku mul'tymodal'noyi infrastruktury v Ukrayini. [Theoretical principles, conditions and prospects of development of multimodal infrastructure in Ukraine], Scientific Bulletin of the International Humanities University. Series: "Economics and Management" vol.40, pp.30-37 (in Ukrainian).

АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ НЕНАСЕЛЕНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ З РАДІОБУЄМ

Сірівчук А.С.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
(Україна)

Вступ. Безпечне використання територіальних вод України вимагає постійного моніторингу підводної обстановки на великих акваторіях, і в першу чергу – акваторій портів, якірних стоянок, рекомендованих транспортних шляхів, морських трубопроводів та інш. [1]. Світова практика та вітчизняний досвід свідчать, що найбільш ефективними засобами моніторингу підводної обстановки є підводні апарати, оскільки вони мають ряд переваг: довгий час роботи, використання при несприятливих погодних умовах та забрудненнях акваторії, швидкість підготовки до роботи і, саме основне, це безпека для людського життя [2, 3]. Тому розробка і створення підводних апаратів для моніторингу мілководних акваторій є актуальним науковим завданням.

Викладення основних результатів. У роботі для виконання підводних місій на мілководді в інтересах українських організацій пропонується застосовувати автономні ненаселені підводні апарати з радіобуєм (АНПА РБ) (рис. 1) з динамічно змінюваною у процесі експлуатації довжиною кабель-буксира (КБ).

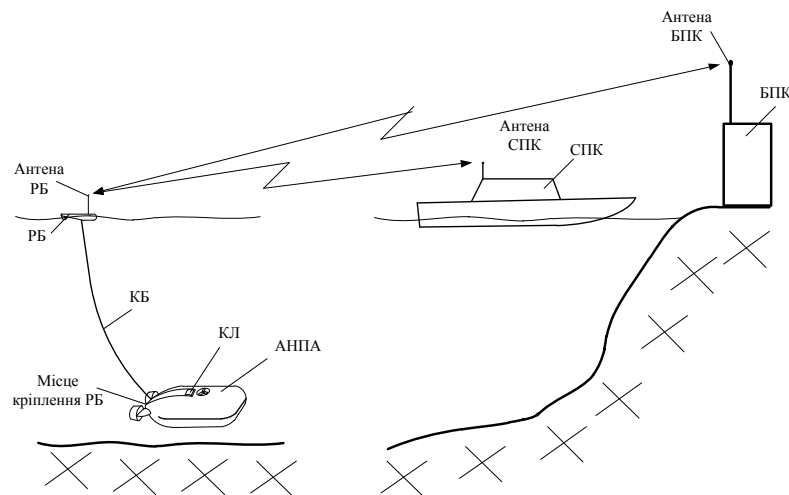


Рисунок 1 – Технологія застосування АНПА РБ

Пропонований архітектурно-конструктивний тип підводного апарата містить як зовнішнє начіпне обладнання буксируваний радіобуй (РБ), який розташований у верхній кормовій частині АНПА та має змогу автоматично відстиківуватися від нього, рухатися поверхнею моря в буксированому режимі для забезпечення двостороннього зв'язку з береговим (БПК) або судновим (СПК) постом керування, а також автоматично пристиковуватися до АНПА після завершення місії. Керувану зміну довжини кабель-буксира (КБ) для вказаних режимів забезпечує кабель лебідка (КЛ), яка розташована на АНПА [4]. Перевагами такого типу підводного апарата-робота у порівнянні з застосуванням «класичних» прив'язних та автономних підводних систем є значно менша залежність від гнучкого зв'язку (кабелю-буксира радіобуя) з-за малої глибини, повна незалежність від судна-носія і, головне, наявність оперативного двохстороннього радіозв'язку з береговим чи судновим постом керування підводною місією.

Керування АНПА РБ може забезпечуватися як оператором по радіоканалу, так і системою автоматичного керування. В номінальному режимі роботи підводний апарат керується системою автоматичного керування, а при складних маневрах або непередбачуваних режимах роботи керування переводять в ручний режим.

Загальний алгоритм роботи АНПА РБ включає в себе не тільки роботу в автоматичному режимі, а й дає змогу керувати АНПА в режимі реального часу (рис. 2).

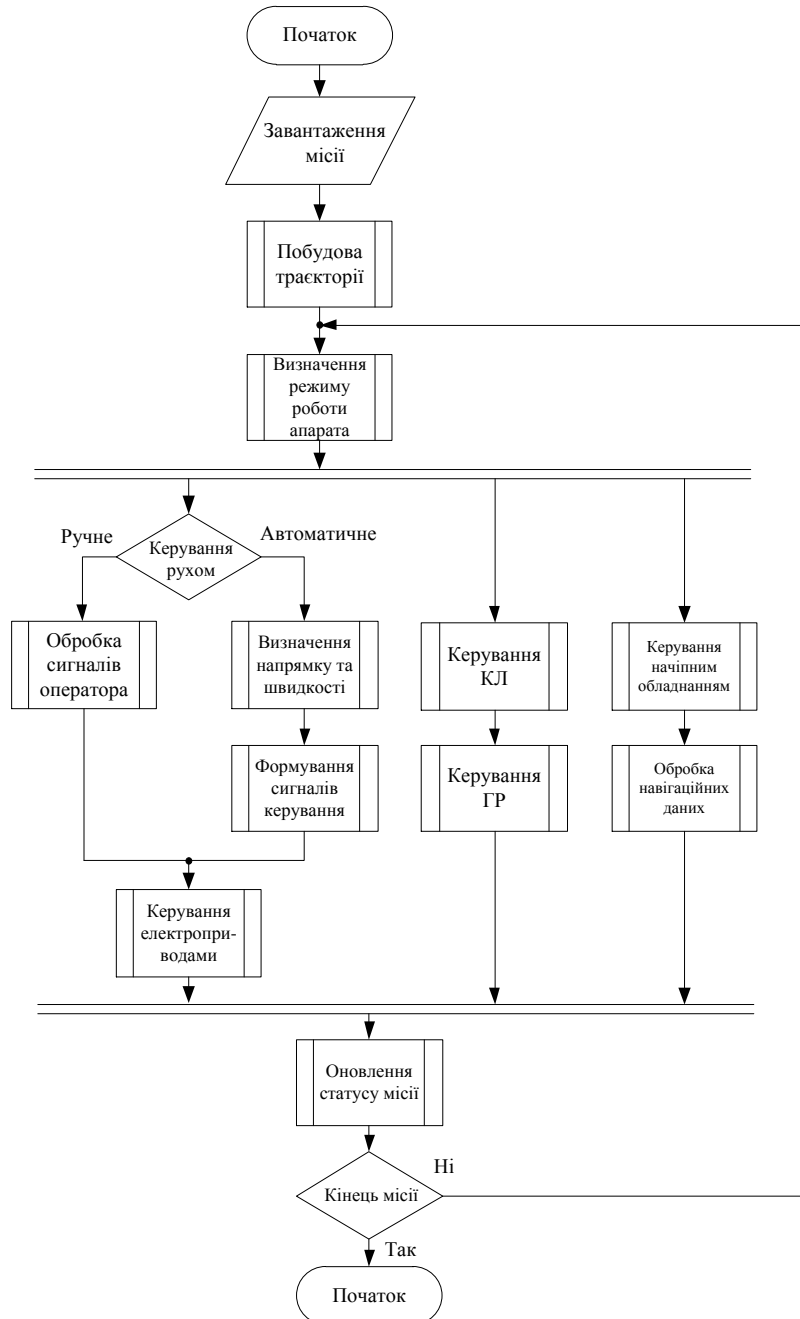


Рисунок 2 – Алгоритм виконання підводної місії

Перед початком місії через інтерфейс користувача завантажуються програма місії, що включає в себе інформацію щодо завдань, які повинен виконувати підводний апарат, до них відносяться [5]:

- обстеження плоскої поверхні або донної поверхні;
- інспекція протяжних об'єктів;
- робота з точковими об'єктами;
- обстеження товщі води;
- патрулювання в заданій акваторії.

Завантаження місії крім задачі ставить границі зони обстеження в якій повинен працювати АНПА РБ.

Після отримання інформації про акваторію та задачу місії будується масив контрольних точок, що будуть складати попередню траєкторію руху АНПА РБ. Потім дана траєкторія накладається на підводну карту акваторії, та за допомогою методів огинання перешкод маршрут уточнюється і корегується. На виході траєкторії отримуємо масив точок які необхідно пройти АНПА РБ та режими роботи начіпного обладнання між проходженням даних точок.

Далі АНПА РБ переходить в перший режим роботи заданої місії, зазвичай, даним режимом виступає режим виходу на точку початку траєкторії виконання місії.

Для керування рухом АНПА РБ передбачено два режими: режим прямого керування від оператора та режим автоматичного руху АНПА. Під час прямого керування АНПА через інтерфейс користувача оператор за допомогою пристроїв керування, здебільшого джойстиків, напряму керує рушійно-кермовим комплексом (РКК), а отже й рухом самого АНПА. При цьому стабілізація диференту, а також підтримання оптимальної довжини КБ залишаються в автоматичному режимі.

При автоматичному керуванні рухом АНПА РБ спочатку відбувається перетворення координати яку необхідно досягнути в вектор руху АНПА, а потім за регулятори системи автоматичного керування (САК) перетворюють його на сигнали керування.

Після отримання сигналів керування відповідно до типу електроприводу, що використовується в РКК АНПА, він задає реальні фізичні величини: напруга для двигунів постійного, напруга і частота для асинхронних двигунів тощо.

Керування оптимальною довжиною кабель-буксиру завжди виконується в автоматичному режимі, що спрощує роботу оператора при ручному керуванні АНПА. Оптимальна довжина кабель-буксиру для АНПА РБ залежить лише від глибини його занурення, оскільки при буксируванні РБ є лише одна оптимальна, з точки зору сили натягу, форма КБ.

Горизонтальні рулі, що забезпечують стабілізацію диференту також регулюються тільки в автоматичному режимі, оскільки він забезпечує більш точну стабілізацію та має вищу швидкодію ніж оператор.

Керування начіпним обладнанням в залежності від його типу може керуватися, як в ручному режимі, для маніпулятора, так і в автоматичному, гідролокатор бокового огляду, сонар тощо. Керування вимірювальним обладнанням в автоматичному режимі передбачає лише його ввімкнення і вимкнення для режимі економії при роботі АНПА РБ.

Обробка навігаційних даних включає в себе опитування навігаційних датчиків (магнітометру, акселерометру, гіроскопу, доплерівського лагу, GPS тощо), та перетворення їх показань в необхідні для САК дані (кутове та просторове положення, швидкість руху АНПА).

Оновлення статусу місії після кожної ітерації керування АНПА дає змогу оцінити роботу яку провів АНПА та є сигналізатором для переключення режимів роботи АНПА. Оновлення статусу місії при ручному керуванні АНПА дає змогу оцінити роботу оператора і при перемиканні на автоматичний режим САК не буде повторно її проводити.

Висновок. Представлений алгоритм роботи автономного ненаселеного підводного апарата з радіобуєм представляє собою порядок постановки задачі та слідкування за процесом її реалізації, що дає змогу розбити всю систему керування на окремі частини, кожна з яких відповідає за свою частину роботи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blintsov, V., Maidaniuk, P., & Sirivchuk, A. (2019). Improvement of technical supply of projects of robotized monitoring of underwater conditions in shallow water areas. EUREKA: Physics and Engineering, 3, 41-49.

2. Iftikhar B. Abbasov. Exploration and Monitoring of the Continental Shelf Underwater Environment. – Scrivener Publishing, 2018. – 318 Pages. Режим доступу: <https://www.wiley.com/en-as/Exploration+and+Monitoring+of+the+Continental+Shelf+Underwater+Environment-p-9781119488286>

3. Блінцов В.С., Сірівчук А. С. Сучасні задачі автоматизації керування автономним ненаселеним підводним апаратом з радіобуєм. Збірник наукових праць НУК. 2017. №3(470). С. 56-62.

4. Volodymyr Blintsov, Pavlo Maidaniuk, Andrii Sirivchuk. Improvement of Technical Supply of Projects of Robotized Monitoring of Underwater Conditions in Shallow Water Areas. «EUREKA: Physics and Engineering», 2019. Number 3. Pages 41-49. DOI: 10.21303 / 2461-4262.2019.00893.

5. Блінцов О. В., Сірівчук А. С. Концепція роботизованого моніторингу підводного середовища на основі застосування прив'язних підводних апаратів. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. №6/3(72).С. 16-21.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ВАНТАЖНИХ ОПЕРАЦІЙ НА СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДНАХ ТИПУ «HEAVY LIFT»

Соловей О.С.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Перевезення важких негабаритних вантажів водним транспортом на теперішній час вкрай затребувані, внаслідок необхідності перевезень спеціальної техніки, промислового обладнання для нафтової і газової промисловості, вітро– та гідроенергетики тощо. Для перевезення вантажів такого типу створюються спеціалізовані судна типу «Heavy Lift». Найбільш відповідальними, складними і аварійно небезпечними етапами перевезення важких негабаритних вантажів є етапи їх навантаження і вивантаження на судно. За даними літературних джерел [1–3] значна кількість аварійних випадків відбувається саме на цих етапах, що обумовлено необхідністю одночасного контролю і управління значною кількістю параметрів, що впливають на остійність судна.

Вирішенню проблеми забезпечення безпеки вантажних операцій на судах Heavy Lift присвячена значна кількість теоретичних і практичних розробок [2–6], з аналізу яких випливає, що підвищення безпеки вантажних операцій на судах типу Heavy Lift може бути забезпечено у разі наявності комплексних програмних засобів управління навантаженням/вивантаженням судна.

Актуальність дослідження. Загальним недоліком існуючих програмних засобів є те, що вони вирішують тільки пряму задачу: по заданому навантаженню проводиться оцінка параметрів морехідності судна. Таким чином, підвищення ефективності технологій вантажних операцій з великоваговими негабаритними вантажами (ВВНВ) шляхом застосування засобів автоматизації управління, стає важливим технічним завданням.

Вирішення зазначеного завдання потребує створення нових універсальних математичних моделей управління вантажними операціями з ВВНВ, які можуть бути застосовані для переважної більшості суден типу «Heavy Lift» [5]. З огляду на можливий вплив при русі і транспортуванні вантажів, необхідно враховувати динамічні властивості системи судно-вантаж. Особливої уваги потребує вплив збурень при операціях вантаження, так як в цей час судно не в змозі маневрувати, а значна вага вантажу може викликати втрату остійності.

Результати дослідження. З огляду на особливості умов операції завантаження ВВНВ модель судна повинна описувати поведінку судна при малих переміщеннях і кутових збуреннях [5], тому для побудови математичної моделі, що пропонується, виходимо з принципу Гамільтона [7].

Для стаціонарної динамічної системи з кінцевим числом ступенів свободи x_1, \dots, x_k , що має запас кінетичної енергії T , її рух може бути описаний системою диференціальних рівнянь Лагранжа [6]. Рівняння Лагранжа пов'язані з варіаційним принципом Гамільтона. Принцип Гамільтона стверджує, що «будь-яка динамічна система, яка перебуває під впливом консервативних сил, рухається таким чином, щоб мінімізувати середнє значення за часом різниці між кінетичною $T(x, \dot{x})$ і потенційною $V(x)$ енергіями». Отже можна записати, що варіація різниці енергій для консервативної системи постійна і дорівнює нулю:

$$\delta \left\{ \int_{t_0}^{t_1} (T(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}) - V(\mathbf{x})) dt \right\} = 0 \quad (1)$$

Умовою виконання (1) є рівняння Лагранжа–Ейлера:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\mathbf{x}}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \mathbf{x}} = - \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} \quad (2)$$

На судно, що завантажується ВВНВ, діють сили в'язкого тертя і має місце розсіювання енергії [3]. Дисипативні сили або сили в'язкого тертя Q_R , пропорційні швидкості, можуть бути визначені через функцію розсіювання енергії R :

$$Q_R = - \frac{\partial R}{\partial \dot{\mathbf{x}}} \quad (3)$$

У загальному випадку, коли в системі діють узагальнені сили Q_v , що мають потенціал V , узагальнені дисипативні сили Q_R і зовнішні сили $\mathbf{f}(t)$, рівняння руху (2), з урахуванням (3), приймають вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\mathbf{x}}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \mathbf{x}} = - \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} - \frac{\partial R}{\partial \dot{\mathbf{x}}} + \mathbf{f}(t) \quad (4)$$

Так як дисипативні сили пов'язані з судном, в рівнянні (4) ця компонента повинна бути віднесена до моделі системи судно-вантаж, чим усувається парадокс вільного руху, коли при вільному русі судно продовжує рухатися без зупинки:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\mathbf{x}}} \right) + \frac{\partial R}{\partial \dot{\mathbf{x}}} - \frac{\partial T}{\partial \mathbf{x}} = - \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{f}(t). \quad (5)$$

Рівняння (5) є рівнянням в приватних похідних другого порядку і описує поведінку інтегрованих динамічних систем. Після лінеаризації в області малих збурень, що виправдано в завданні виконання вантажних операцій, рівняння (5) з урахуванням маси M набирає вигляду:

$$M\ddot{\mathbf{x}} + R\dot{\mathbf{x}} - T\mathbf{x} = - \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{f}(t). \quad (6)$$

Шляхом помноження (6) на зворотну матрицю мас M^{-1} отримуємо лінійну форму рівняння руху:

$$\ddot{\mathbf{x}} + M^{-1}R\dot{\mathbf{x}} - M^{-1}T\mathbf{x} = -M^{-1} \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + M^{-1}\mathbf{f}(t). \quad (7)$$

Позначивши в (7) матрицю дисипації $M^{-1}R$ як A , а матрицю $M^{-1}T$ через B отримуємо:

$$\ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} = -M^{-1} \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + M^{-1}\mathbf{f}(t). \quad (8)$$

Виділивши в правій частині вектор управління \mathbf{u} з боку керуючих впливів і вектор обурення \mathbf{g} з боку зовнішніх сил і зміни потенційної енергії судна, з (8) можемо записати загальний вигляд лінійної моделі динаміки судна, або його динамічного ядра:

$$\ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} = \mathbf{u} + \mathbf{g}. \quad (9)$$

У розгорнутому вигляді (9) з вектором стану $\mathbf{x} = (x, y, z)$, математична модель динамічного ядра судна має вигляд:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{d^2 x}{dt^2} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} \\ \frac{d^2 z}{dt^2} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{dz}{dt} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Лінійне динамічне ядро моделі судна (10), при виконанні принципу роздільних рухів, має вигляд:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{d^2 x}{dt^2} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} \\ \frac{d^2 z}{dt^2} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{dz}{dt} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{bmatrix}. \quad (11)$$

При малих рухах лінійне динамічне ядро моделі судна (11) розпадається на три процеси:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} + a_{11}\dot{x} + b_{11}x &= u_x + g_x \\ \ddot{y} + a_{22}\dot{y} + b_{22}y &= u_y + g_y \\ \ddot{z} + a_{33}\dot{z} + b_{33}z &= u_z + g_z \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

При цьому необхідно враховувати, що рівняння (12) простіше для розв'язання задачі ідентифікації моделі, а права частина розрахункова і не вимагає ідентифікації. Отримана математична модель (12) описує рух матеріальної точки і для опису руху судна необхідно врахувати число ступенів свободи і суднову систему координат з узагальненим вектором стану $gT = (\eta_1, \eta_2, \eta_3, \phi, \psi, \chi)$. При цьому також необхідно врахувати, що компоненти моделі, що пов'язані з координатами η_1, η_2, η_3 і χ є астатичними. Отже, стосовно конкретного режиму модель динамічного ядра судна приймає вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\eta}_1 + a_{11}\dot{\eta}_1 &= u_1 + g_1 \\ \ddot{\eta}_2 + a_{22}\dot{\eta}_2 &= u_2 + g_2 \\ \ddot{\eta}_3 + a_{33}\dot{\eta}_3 + b_{33}\eta_3 &= u_3 + g_3 \\ \ddot{\phi} + a_{44}\dot{\phi} + b_{44}\phi &= u_\phi + g_\phi \\ \ddot{\psi} + a_{55}\dot{\psi} + b_{55}\psi &= u_\psi + g_\psi \\ \ddot{\chi} + a_{66}\dot{\chi} &= u_\chi + g_\chi \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

У розгорнутому вигляді лінеаризована модель (13) має вигляд:

$$\begin{bmatrix} \frac{d^2\eta_1}{dt^2} \\ \frac{d^2\eta_2}{dt^2} \\ \frac{d^2\eta_3}{dt^2} \\ \frac{d^2\phi}{dt^2} \\ \frac{d^2\psi}{dt^2} \\ \frac{d^2\chi}{dt^2} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{66} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{d\eta_1}{dt} \\ \frac{d\eta_2}{dt} \\ \frac{d\eta_3}{dt} \\ \frac{d\phi}{dt} \\ \frac{d\psi}{dt} \\ \frac{d\chi}{dt} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \phi \\ \psi \\ \chi \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} u_{\eta_1} \\ u_{\eta_2} \\ u_{\eta_3} \\ u_\phi \\ u_\psi \\ u_\chi \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} g_{\eta_1} \\ g_{\eta_2} \\ g_{\eta_3} \\ g_\phi \\ g_\psi \\ g_\chi \end{bmatrix} \quad (14)$$

В системі рівнянь моделі динамічного ядра (14) права частина записана у вигляді двох векторів: \mathbf{u} – вектор управління і \mathbf{g} – вектор збурюючих сил. Так, якщо в моделі в правій частині знаходяться всі сили, що діють на судно, ми можемо записати

$$M_s \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{b} = \mathbf{F}, \quad (15)$$

де: M_s – матриця ваги; $\ddot{\mathbf{q}}$ – вектор стану; \mathbf{b} – вектор гіроскопічного моменту.

У правій стороні вектор узагальнених сил \mathbf{F} представлений сумою вектора тягового навантаження FT , вектора ваги судна FG , вектора гідростатичних і гідродинамічних сил Fw і сили опору FF , обумовленою в'язкістю і вихорами. Отже в правій частині рівняння управління має вигляд

$$F = FT + FG + Fw + FF. \quad (16)$$

При вирішенні задачі ідентифікації для збурення стану судна по кутах суднової системи координат необхідно докласти момент, що визначається координатами точки збурення (x_0, y_0, z_0) . В цьому випадку кути рискання, кільової і бортової хитами судна визначаються наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \arcsin\left(\frac{z}{\sqrt{y_0^2 + z_0^2}}\right), & \chi &= \arcsin\left(\frac{y}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}}\right), \\ \psi &= \arcsin\left(\frac{x}{\sqrt{x_0^2 + z_0^2}}\right) \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Таким чином, можемо перейти до суднової системи координат, з огляду на те, що дана модель справедлива при малих еволюціях судна (в режимі навантаження ВВНВ). Перехід до нерухомої системи координат виконується стандартним чином [6], $x=L\eta$, або в розгорнутому вигляді перехід виконується з використанням матриці повороту:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \chi & \sin \psi \sin \phi - \cos \psi \sin \chi \cos \phi & \cos \psi \sin \chi \sin \phi + \sin \psi \cos \phi \\ \sin \chi & \cos \chi \cos \phi & -\cos \chi \sin \phi \\ -\sin \psi \cos \chi & \sin \psi \sin \chi \cos \phi + \cos \psi \sin \phi & \cos \psi \sin \phi - \sin \psi \sin \chi \sin \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{bmatrix}. \quad (18)$$

Таким чином, динамічне ядро моделі судна з малими переміщеннями в спокійній воді (14) відповідає умовам вантаження і описує власні рухи судна, дозволяє визначити допустимі швидкості зміни навантажень, які не викликають виникнення небезпечних коливань судна.

Висновки. Грунтуючись на проведених дослідженнях можна зробити наступні висновки:

- лінеаризація моделі дозволяє представити модель судно-вантаж як динамічні компоненти – ядра і рівняння зв'язку;
- параметри моделі можуть змінюватися в процесі операцій з ВВНВ, що вимагає поточних вимірювань і ідентифікації моделі.

Таким чином, розроблені моделі динамічних ядер дозволяють побудувати інтегровану модель судна, обладнаного кранами, в режимі роботи з ВВНВ.

Інтегрування і декомпозиція моделі на динамічні ядра і рівняння зв'язку дозволяє отримати структурно простий алгоритм моделювання, що дозволяє реалізувати алгоритми оптимального управління, які забезпечують підвищення ефективності операцій з ВВНВ.

Застосування пропонованих моделей дозволить скоротити час на виконання вантажних операцій з ВВНВ та підвищити їх безпечність, і, таким чином, поліпшити економічні показники виконання рейсів суднами типу Heavy Lift.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. – Одесса, ФЕНИКС, 2005. – 272 с.
2. Соловей А.С. Пути повышения безопасности грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах / А.С. Соловей // Науковий вісник ХДМА. – 2013. – №2 (9). – С. 244–248.
3. Бень А.П. Усовершенствование методов контроля подъемного угла (hoisting angle) во время проведения грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах/Бень А.П., Соловей А.С.//Науковий вісник Херсонської державної морської академії № 1 (10), 2014, С.262–266.
4. Ершов А.А. Контроль остойчивости и посадки судна при погрузке и выгрузке. – Санкт–Петербург, Издательство ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2002. –60 с.
5. Чижиумов, С. Д. Основы динамики судов на волнении: учеб. пособие / С. Д. Чижиумов. – Комсомольск–на–Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2010. – 110 с.
6. Справочник по теории автоматического управления. Под. ред. А.А. Красовского. – М.: Наука. Гл. ред. физ.–мат. лит., 1987.– 712 с.

РОЗМІРНО-КОНСТРУКТИВНИЙ АНАЛІЗ ПЛАВУЧИХ БУДИНКІВ ПОНТОННОГО ТИПУ

*Щедролюєв О.В., Терлич С.В., Коновалова А.В., Щедролюєв М.О.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)*

Вступ. Одною із актуальних задач укрупненого модульного формування плавучих будинків (хаусботів) є визначення об'єму зашивання, його складових, номенклатури, характеристики та об'ємів. Таке чітке визначення об'єкту зашиття, формування та його особливостей може служити у якості вихідних даних для проведення раціоналізації конструктивно-технологічних рішень [1-2].

Актуальність дослідження. В Україні цікавість до плавучих будинків виник нещодавно, що у значному ступені пов'язано із цінами на житло [3]. Для плавучого будинку немає необхідності вирішувати питання кадастру та відповідні побутові умови.

Аналіз останніх публікацій за тематикою дослідження. Удосконаленню модульного формування суднових приміщень присвячено багато науково-технічних праць, але у них розглянуто технологічні та виробничі питання щодо вдосконалення вузлів та елементів модульного формування приміщень на промислових та торговельних суднах. В той же час питання модульного формування для плавучих об'єктів із розвиненою житловою інфраструктурою, на яких розмірно-конструктивні характеристики приміщень істотно відрізняються від інших типів суден, практично не розглядалося [1].

Мета дослідження – створити початкову розрахункову та інформаційну базу для подальшого розроблення технологій удосконалення укрупненого модульного формування хаусботів контейнерного типу..

Основний текст. У аналізі також розглянуто питання щодо використання несучих декоративних профілей для розкріплення модульних панелей. Встановлено, що потрібності деяких профілей не залежать від типоряду панелей проте інші залежать від ширини використовуваних панелей і як слідство від їх кількості.

Для проведення теоретичного загального дослідження однорядний масив ширин стін приміщень наведено у вигляді наступного виразу

$$\{A\} = \{a_1; a_2; \dots; a_n\}, \quad (1)$$

де a_i – i -ий розмір ширини приміщення (контейнерного модуля), або його частини.

Частота розмірів, які використовуються у (1) представлена наступним виразом

$$\{K\} = \{k_1; k_2; \dots; k_n\}, \quad (2)$$

де k_i – інтенсивність використання a_i – го розміру ширини.

Ряд довжин підволоків приміщень наведено у вигляді одномірного масиву

$$\{H\} = \{h_1; h_2; \dots; h_m\}, \quad (3)$$

де h_i – i -та висота блок-модуля.

Частоти використання довжин (3) представлено виразом

$$\{D\} = \{d_1; d_2; \dots; d_m\}, \quad (4)$$

де d_i – частота використання i -го розміру.

Середні статистичні розміри ширин приміщень (1) та довжин підволоків (4) визначено за формулою [1]

$$\text{ширини } a_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i k_i}{\sum_{i=1}^n k_i}; \quad (5.1)$$

$$\text{довжини} \quad h_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m h_i d_i}{\sum_{i=1}^m d_i}. \quad (5.2)$$

Розкид (дисперсія) розмірів ширин $D_{a_{cp}}$ і довжин $D_{h_{cp}}$ щодо їхніх середніх значень отримано із залежностей

$$D_{a_{cp}} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (a_i - a_{cp})^2; \quad (6.1)$$

$$D_{h_{cp}} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (h_i - h_{cp})^2. \quad (6.2)$$

Квадратичне відхилення розмірів ширин і довжин можна отримати за формулами [4]

$$\sigma_{a_{cp}} = \sqrt{D_{a_{cp}}}; \quad (7.1)$$

$$\sigma_{h_{cp}} = \sqrt{D_{h_{cp}}}. \quad (7.2)$$

На наступному етапі дослідження проведено аналіз точності та надійності при визначенні середніх розмірів контейнерного модуля хаусбота. Стандартна похибка при визначенні ширин та довжин приміщення була розрахована за залежностями [3]

$$m_{a_{cp}} = \frac{\sigma_{a_{cp}}}{\sqrt{n}}; \quad (8.1)$$

$$m_{h_{cp}} = \frac{\sigma_{h_{cp}}}{\sqrt{m}}. \quad (8.2)$$

Точність визначення ширин та довжин проводилася за формулами [3]

$$T_{a_{cp}} = t - m_{a_{cp}}; \quad (9.1)$$

$$T_{h_{cp}} = t - m_{h_{cp}} \quad (9.2)$$

де t – можливість похибки, 5%; у дослідженні прийнято $t = 2,7$.

Необхідна кількість ширин та довжин для забезпечення похибки не більше за прийняту розрахована, як

$$n = \frac{t^2 \sigma_{a_{cp}}^2}{T_{a_{cp}}^2}; \quad (10.1)$$

$$m = \frac{t^2 \sigma_{h_{cp}}^2}{T_{h_{cp}}^2}. \quad (10.2)$$

Підтвердження довірчої ймовірності $t = 2,7$ при визначенні ширин та довжин розраховано за формулами

$$t_{a_{cp}} = \frac{T_{a_{cp}} \sqrt{n}}{\sigma_{a_{cp}}}; \quad (11.1)$$

$$t_{h_{cp}} = \frac{T_{h_{cp}} \sqrt{m}}{\sigma_{h_{cp}}}. \quad (11.2)$$

У таблицях 1 та 2 наведено відповідно ряд ширин та довжин контейнерних модулів хаусботів, а також частоти їх використання.

Таблиця 1 – Чисельний ряд ширин перебірок одноярусних хаусботів та частоти їх використання

Ширини перебірок приміщень, $a_i, \text{м}$	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8	4,1	4,2	4,4	5,1	5,2
Частота використання ширин, k_i	12	3	16	17	3	7	12	3	14	23	12	21

Таблиця 2 – Чисельний ряд довжин подволоків розглянутих хаусботів та частоти їх використання

Довжини подволоків приміщень, $h_i, \text{м}$	3,2	3,5	4,1	4,7	6,2	7,4	11,1	12,1	14,1	15,0	18,0	22,0
Частота використання довжин стін, d_i	38	21	17	13	7	18	8	13	11	9	15	9

Середньостатистичні дані аналізу площ стін, подволоків середньостатистичного плавзасобу та середні розміри приміщень на плавдоках, що розглядено у аналізі наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Середньостатистичні дані поверхонь приміщень одноярусного хаусботу

Найменування елемента, розмірність	Числове значення
Середня площа перебірок (за виключенням дверей та ілюмінаторів), м^2	78
Середня площа подволоків, м^2	43
Середня площа всього зашиття, м^2	121
Середні розміри умовного приміщення	
Ширина стіни, м	3,80
Достовірність розмірів ширин приміщень ($1-t_{a\text{cp}}$)	0,91
Довжина підволоки, м	7,40
Достовірність розмірів довжин приміщень ($1-t_{h\text{cp}}$)	0,97
Висота, м	2,80

Висновки. Отримані результати по визначенню ширин та довжин приміщень можна вважати достовірними, оскільки розрахунки проведені при використанні великої кількості приміщень та їх розмірювань. Достовірність розмірів приміщень достатньо велика і тому вони можуть надалі використовуватися при розробці технологічних рішень вдосконалення формування конкретних житлових модулів хаусботів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щедролов А. В., Терлыч С. В. Комплексное усовершенствование технологий оборудования и отделки помещений несамоходных судов и других плавучих сооружений. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №2, 2016. Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy Вип. 2, 2016. P. 50–56.

2. Щедролов А. В., Терлыч С. В. Повышение уровня технологичности формирования судовых помещений модульными методами. Матеріали VII Міжнародної

науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2016. – С. 25-26.

3. Щедролюсєв О.В., Терлич С.В., Ігнатенко С.В., Коновалова Г.В. Конструктивно-технологічні особливості модульного формування приміщень на несамохідних плавучих спорудах. Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: НУК, 2017. – С. 60.

4. Терлич С. В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках. Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. 2008. Вип. 88.С. 52–55.

СЕКЦІЯ:

***ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ***

ВПЛИВ БУДІВНИЦТВА КАХОВСЬКОЇ ГЕС-2 НА ПРИРОДУ НАЦІОНАЛЬНОГО ПАРКУ «НИЖНЬОДНІПРОВСЬКИЙ»

Абрамов Г.С.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Абрамова А.М.

*Херсонська спеціалізована школа I-III ступенів №30
(Україна)*

Метою роботи є дослідження впливу будівництва та роботи Каховської ГЕС на екосистему Нижнього Дніпра та оцінка можливих наслідків будівництва Каховської ГЕС-2 на природу національного парку «Нижньодніпровський».

Каховська ГЕС має в складі каскаду найменшу встановлену потужність 351 Мвт. За характером використання ГЕС в енергосистемі (середньому числу годин використання встановленої потужності в рік) Каховська ГЕС відноситься до напівопікових ГЕС (3000-5000 годин). Збільшення потужності Каховської ГЕС дозволить перевести її в пікову частину графіка навантаження. Водними ресурсами Каховського водосховища забезпечено наступну роботу ГЕС: на протязі 5 годин - потужністю 550 МВт. Протягом 6 годин - потужністю 500 МВт. Приріст середньобіагаторічного виробітку при розширенні Каховської ГЕС відбудеться за рахунок використання холостих скидів. Встановлення додаткових агрегатів дозволить підвищити використання в піковий та напівопіковий період стоку всіма турбінами Каховської ГЕС до 95%, і тим самим збільшити виробіток енергії. При установці на Каховській ГЕС додаткових гідроагрегатів відбудеться збільшення основних показників: встановленої потужності і середньобіагаторічного виробітку. Основні споруди Каховської ГЕС-2 будуть розташовуватись в правобережному примиканні існуючої земляної греблі Каховського гідровузла. Характеристика Каховської ГЕС-2 наведена в табл.1.

Таблиця 1 – Параметри Каховської ГЕС-2

Показник	Значення
Встановлена потужність	270 МВт
Кількість і потужність гідроагрегатів	6x45 МВт
Середньорічне виробництво електроенергії	1406 млн. кВт. год.
Коефіцієнт використання встановленої потужності	0,27

Коефіцієнт використання встановленої потужності ГЕС-1 на сьогоднішній день складає - 0,44. Після створення ГЕС-2 коефіцієнт використання потужності ГЕС-1 разом з ГЕС-2 складе 0,25, що дозволить використовувати Каховську ГЕС більш ефективно для енергосистеми. Так зазначено в заключному звіті щодо проекту будівництва Каховської ГЕС-2 [1].

Слід зазначити, що будівництво другої черги ГЕС буде відбуватися на території Національного парку «Нижньодніпровський». Це є грубим порушенням екологічного законодавства.

Особливості нової природоохоронної території - Національний природний парк «Нижньодніпровський».

Дельти великих річок завжди є місцями, багатими на біорізноманіття. Річки несуть багато мулу, що відкладається при впадінні у море і утворює широкі зарослі плавнями мілини. Очеретяні, оточені вербовими лісами плавні є вкрай важкодоступними місцями, що

і приваблює водно-болотних птахів та інших мешканців. Тому дельти великих річок підлягають особливій охороні у складі національних парків та біосферних заповідників. Розгалужена мережа проток дельти Дніпра є місцем гніздування цілої низки рідкісних водоплавних птахів, що занесені до Червоної книги. Вони трапляються за рідкісними виключеннями лише у подібних приморських біотопах на півдні країни (косар, коровайка, малий баклан). Ці та інші види зникають у тому числі через незаконне полювання, і взяття дельти під охорону – один із шансів на їх порятунок.

Національний природний парк — територія, визначена у законі [2] та знаходиться у державній власності, що охороняється від більшості типів людської діяльності та забруднення. Національний парк є природоохоронною територією. На відміну від заповідників та природних резервів, де заборонена майже будь-яка діяльність людини, однією з цілей створення національних парків є відпочинок, тому вони дозволяють відвідування туристів та перебування на своїй території за певними умовами.

Національний природний парк «Нижньодніпровський» створений Указом Президента України «Про створення національного природного парку «Нижньодніпровський» №657/2015 від 24.11.2015 р. [3] на території Бериславського, Білозерського, Голопристанського, Цюрупинського районів і Новокаховської та Херсонської міських рад Херсонської області площею 80177,8 га.

73 % – господарська зона (у її межах проводиться господарська діяльність, спрямована на виконання покладених на парк завдань, знаходяться населені пункти, об'єкти комунального призначення парку);

19 % – зона регульованої рекреації (в її межах проводяться короткостроковий відпочинок та оздоровлення населення, огляд особливо мальовничих і пам'ятних місць; у цій зоні дозволяється влаштування та відповідне обладнання туристських маршрутів і екологічних стежок);

2% – зона стаціонарної рекреації (призначена для розміщення готелів, мотелів, кемпінгів, інших об'єктів обслуговування відвідувачів парку);

6 % – заповідна зона (призначена для охорони та відновлення найбільш цінних природних комплексів).

Дуже важливо й те, що до складу національного природного парку «Нижньодніпровський» увійшли водно-болотні угіддя дельти р. Дніпро, які включені до «Списку водно-болотних угідь міжнародного значення» (Рамсарський список). Україна є стороною Рамсарської конвенції, її повна назва «Рамсарська конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовища існування водоплавних птахів».

Рамсарська конвенція є першою глобальною угодою з охорони та збереження природних ресурсів, її мета — припинити втрати водно-болотних угідь та зберегти існуючі, а завдання – привернути увагу до проблем водно-болотних угідь та раціонального використання ресурсів [4].

Позитивні та негативні наслідки будівництва Каховської ГЕС-2 на природу національного парку «Нижньодніпровський».

Прихильники та деякі експерти з будівництва ГЕС – 2 вважають, що її робота може принести позитивні екологічні зміни в пониззі Дніпра. Води з Каховського водосховища, проходячи через турбіни будуть наповнюватися додатково киснем. Також, через роботу ГЕС збільшиться тиск річки, заболочені місцевості очистяться, а важкі, солоні морські води не зможуть заходити в низов'я Дніпра. Це не тільки поліпшить стан Дніпра, а й збільшить рибні запаси.

Згідно з прогнозами фахівців, будівництво і робота ГЕС-2 вплинуть на стан всього русла Дніпра, починаючи від Каховського водосховища і закінчуючи виходом в море.

Прогнозується змив забруднюючих речовин в річку з будівельного майданчика. Вода в річці стане каламутною, кожен день, вранці і ввечері, "в пікові години", рівень річки

буде різко підніматися (до двох метрів в районі греблі і біля півметра в Херсоні), а швидкість течії - подвоюватися. Дніпро перестане бути тихим і спокійним, бурхливі потоки почнуть розмивати береги, з'являться нові яри, осипи і провали, утворюються нові кам'янисті мілини.

Також піднімуться ґрунтові води. З'являться нові райони підтоплення. Побільшає дрібних " калюж ", сприятливих для розмноження малярійного комара; знизиться рибовідтворення, до того ж будуть зруйновані багато нерестовищ; буде нанесено збиток популяціям 16 раритетних видів, захищених не тільки законодавством України, а й міжнародними документами (як, наприклад, водяний горіх). Проте, деякі науковці – прихильники будівництва - вважають, що вплив гідрологічного об'єкту (ГЕС-2) не є катастрофічним.

У той же час, провідні херсонські екологи дотримуються зовсім іншої думки: якщо ГЕС-2 запрацює, екологічні наслідки будуть катастрофічними. Це ж підтверджують дослідження, проведені німецькою компанією IERM: буде повністю розмитий затоплений острів Тавань, зникне велика частина території острова Козацький.

В роботі на підставі офіційних документів щодо будівництва Каховської ГЕС-2 та досліджень провідних екологів Херсонщини [1; 5] проведено аналіз можливого негативного впливу на природу національного парку «Нижньодніпровський» (табл.2).

Таблиця 2 – Фактори впливу будівництва Каховської ГЕС-2: причини і наслідки

Фактори впливу	Негативні наслідки	Причини
Гідравлічний режим річки Дніпро нижче Каховського гідровузла.	Два рази на день амплітуда коливання рівня води становитиме: - до 1,94 м біля греблі Каховського гідровузла; - до 0,42 м біля м. Херсон.	При одночасній роботі ГЕС- 1 та ГЕС - 2 при добовому регулюванні потужності
Підтоплення і переформування берегів Нижнього Дніпра.	Прогнозується розширення зони підтоплення та переформування берегів: Це буде проявлятися у вигляді зсувів, просядок, опливів, ярів, конусів виносу і формування мілин. Ці обставини, а також зсувні, просядові та ерозійні процеси призведуть до безповоротної втрати земель і прибережних територій, якщо вони не будуть мати захисних споруд.	Обводнення раніше сухих ґрунтів за рахунок підйому рівня підземних вод. Виникнення зсувів зв'язано з діяльністю води щодо підрізки берегових схилів.
Флора Нижнього Дніпра.	Зміна рівня води призведе до перебудови екологічного ряду флористичних комплексів. Існуючі флорокомплекси будуть трансформуватися. В зоні впливу Каховської ГЕС-2 знаходиться: 17 раритетних видів занесених до 3-го видання Червоної книги України (2009); 18 видів внесених до списку рідкісних рослин Херсонської області. 2 види (водяний горіх плаваючий, сальвінія плаваюча) занесені до Додатку 1 Бернської конвенції; Безпосереднього впливу при експлуатації ГЕС-2 зазнають популяції 16 раритетних видів.	Регулярна, щоденна зміна рівня води в руслі Дніпра впродовж 61,8 км з максимальним перевищенням його близько 1,94 м в районі греблі та 0,42 м в районі м. Херсон.

Фактори впливу	Негативні наслідки	Причини
	<p>Під вплив коливання рівня води потраплять:</p> <ul style="list-style-type: none"> - популяції вільно плаваючих (альдрованда пухирчаста, ряска горбата, сальвінія плаваюча); - занурених прикріплених (жовтець Ріона, рдесник сарматський); - вільно-плаваючих і занурених (кушир напів-занурений); - прикріплених водних макрофітів з плаваючими листками (водяний горіх, латаття біле, глечики жовті, плавун щитолистий); - повітряно-водних та прикріплених з плаваючими листками (стрілолист стрілолистий); - середньо-високотравних (лепешняк тростиновий) водних макрофітів. 	
<p>Фауна Нижнього Дніпра</p>	<p>Прогнозується:</p> <ul style="list-style-type: none"> - зникнення вразливих та корисних видів осілих соціальних комах, що будують гнізда на поверхні та у верхньому шарі ґрунту (джмелі, мурахи), що мешкають на ділянці майбутнього будівництва; - зникнення окремих груп малорухливих тварин (земноводні та плазуни, дрібні ссавці), що мешкали на ділянках будівництва; - посилення фактору турбування активно літаючих комах (бабки, метелики тощо), внаслідок навантаження на ентомокомплекс під час будівництва і експлуатації другої черги ГЕС. 	<p>Факторами впливу на фауну є:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вилучення частини території середовища під об'єкти гідроенергетики; - зміни характеру рослинності на прилеглий території; - вирубка дерев в місці виходу новоутвореного каналу; - збільшення кількості будівельного та побутового сміття під час будівництва; - посилення фактору непокоєння в результаті діяльності нових антропогенних чинників під час будівництва.
<p>Іхтіофауна Нижнього Дніпра</p>	<p>Очікуються негативні наслідки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - загибель молоді риб та кормових організмів, - вилучення з рибогосподарського фонду Каховського водосховища 4 га водного дзеркала та пошкодження потенційних нерестовищ, які розташовані в безпосередній близькості від зони проведення будівельних робіт. 	<p>Збільшення завислих речовин у поверхневих водах від проведення будівельних робіт.</p>

Фактори впливу	Негативні наслідки	Причини
	<p>За розрахунками збитків рибному господарству, що були виконані Інститутом рибного господарства НАНУ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - загальні втрати рибної продукції в становитимуть 4,74 тони; - загальний обсяг втрат від пошкодження нерестовищ становитиме 7,929 тон, де більша частка (6,682 т) припадає на найбільш масового представника іхтіофауни - сріблястого карася. 	
Об'єкти природно-заповідного фонду	<p>Будівництво і робота ГЕС-2 призведе до зникнення значної частини території острова Козацький (там ростуть близько 300 видів рослин, з них 7 видів охороняються Червоною книгою, такі як дика орхідея, два види ковила, зозульник).</p> <p>В більш широкому сенсі будівництво ГЕС-2 негативним чином вплине на природо-кліматичний комплекс Нижньодніпровського національного парку:</p> <ul style="list-style-type: none"> - зміняться флористичні і фауністичні комплекси; - підтоплення призведуть до підвищення ґрунтових вод; - порушення заповідного статусу Національного парку і умов існування унікальних арен Олешківської пустелі і рукотворних соснових лісів, що захищають Херсонщину від піщаних бурь і обумовлюють неповторні кліматичні умови регіону. 	Зміна гідрологічного режиму (перепад рівня води та швидкість течії), до якого природничі системи пристосовуються десятками років.

Висновки. В роботі проведено дослідження впливу будівництва та роботи Каховської ГЕС на екосистему Нижнього Дніпра та наведені причини та можливі негативні наслідки впливу на природу національного парку «Нижньодніпровський».

Враховуючи все вище зазначене, можна дійти до висновку, що негативні наслідки будівництва Каховської ГЕС-2 будуть дуже значними та можуть катастрофічно вплинути на природу національного парку «Нижньодніпровський».

Слід зазначити, що вчені давно прийшли до висновку, що будівництво ГЕС на рівнинних річках - це злочин перед майбутніми поколіннями. І коли-небудь наші не такі вже далекі нащадки стануть їх розбирати і відновлювати затоплені землі (згадуючи своїх недалекоглядних предків, як говорив Т. Г. Шевченко, «незлим, тихим словом»)

ЛІТЕРАТУРА

1. Заключний Звіт. Будівництво Каховської ГЕС-2. ТЕО. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) - Режим доступу: http://uge.gov.ua/content/files/zakluchniy_zvit_kah2.pdf.

2. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» № 2456-ХІІ від 16 червня 1992 р. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2456-12/page3>.

3. Указ Президента України «Про створення національного природного парку «Нижньодніпровський» № 657/2015 від 24 листопада 2015 р. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/657/2015>.

4. Заповідна Україна: 5 національних парків, які варто створити: - Режим доступу: http://ua.igotoworld.com/ua/article/547_zapovidna-ukrajina-5-nacionalnih-parkiv-jaki-varto-stvoriti.htm.

5. Ухварина І. Нужна ли Херсонщине еще одна ГЭС/ Ухварина І. //Вгору - 03.03.2016. - Режим доступу: <http://vgoru.org/index.php/rozsliduvannya/nashi-rozsliduvannya/item/2421-nuzhnalikhersonshchineeshcheodnages>.

РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИШКИ КОКІЛЮ ВІДЦЕНТРОВОГО ЛИТТЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ГУБЧАСТОГО ТИТАНУ

*Андрєєв В.І., Случак О.І., Гурський А.Н., Мусієнко М.П.
Чорноморський Національний університет імені Петра Могили
(Україна, м. Миколаїв)*

Вступ. Розробка композитних матеріалів для експлуатації в умовах підвищених термічних навантажень є одним з перспективних напрямків ресурсозбереження при вдосконаленні методів виробництва засобів виробництва в литті деталей ДВЗ в кокілі відцентрового лиття (КВЛ). В ході дослідження визначено, що при експлуатації пористих композитів на основі губчастого титану в кокілях відцентрового лиття важливу роль обіймає метод отримання даних матеріалів, що і визначає їх структуру.

Так матеріали, отримані методами порошкової металургії, можна вважати прямою протилежністю матеріалів типу металічна губка, отриманих методами спінення та їх аналогами. Зокрема, просторова структура порошкових композитів в примітивному вигляді може бути представлена в вигляді правильного пакування куль-часток однакового розміру, що формує кубооктаедричну, або дзеркально кубооктаедричну ГЦК чи ГЦР решітку. В той же час металічна піна в ідеальному вигляді (коли всі пори однакового розміру) є пакуванням полів сфер, де проміжки між ними заповнено металом. Відповідно, форма пор порошкових композитів відповідає формі матеріальних кластерів металічної піни.

Врахування просторової організації пористих матеріалів є ключем до розуміння природи їх теплопровідності, що особливо важливо при розробці композитів, які виконують роль теплоізоляційних футерувань в ливарному виробництві.

Актуальність досліджень. Проблема поверхневого відбілу чавуну циліндричних деталей та зокрема гільз циліндрів ДВЗ в кокілях відцентрового лиття є одним з чинників, що визначає основний його недолік в порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми. В той же час відцентрове лиття є значно менш ресурсоємним, тому зниження впливу даного фактору є перспективним напрямком для наукових розробок в машинобудуванні. Дослідження з лиття чавунів СЧ25 для втулок дизелів ЧН 25/34,х400 та ВЧ50-1,5 для поршневих кілець дизелів ЧН 25/34, продемонстрували принципову можливість підвищення якості чавуну за рахунок управління перлітизацією через застосування лігатури, пасивного та активного охолодження. Було доведено, що пасивне охолодження за рахунок застосування композитного пористого футерування на основі губчастого титану в кокілі є цілком достатнім для виключення поверхневого відбілу. Проте, оптимальним визнано виключення вкладок складної форми по довжині кокілю і застосування лише композитної кришки в зоні максимального тепловідведення по краям виливку.

Відповідно, розробка оптимального методу отримання та конструкції такої кришки стане важливим кроком для вдосконалення методів отримання литих циліндричних деталей.

Постановка задачі. Мета дослідження полягає в вдосконаленні розроблених методів отримання композитних кришок на основі губчастого титану для кокілів відцентрового лиття та розробці нового оптимального методу отримання таких кришок.

Для досягнення даної мети було поставлено ряд задач:

- Розглянути основні переваги розроблених конструкцій кришок для кокілів відцентрового лиття, отриманих методами порошкової металургії;
- Визначити проблеми в їх експлуатації;
- Розробити методи вирішення даних проблем;

- Запропонувати альтернативний метод отримання кришки, який виключить вказані проблеми.

Результати досліджень. Природа поверхневого відбілу чавунів базується на глибокому переохолодженні рідкої фази виливку. За відбіленим шаром формується шар, пронизаний тонкими, розгалуженими дендритами первинного аустеніту. Поза межами даних зон кристалізація протікає без дефектів і сприяє формуванню звичайної для сірого чавуну структури.

Швидкісне тепловідведення в крайових зонах призводить до того, що утворена раніше цементитна фаза розпадається і відбувається самовипал даної ділянки заготовки.

Вплив швидкості кристалізації на формування графіту в чавуні є досить значним. При високій швидкості рекристалізації утворюється білий чавун, з повністю зв'язаним вуглецем. При дуже малій швидкості рекристалізації утворюється сірий феритний чавун. Для формування чисто перлітної структури металевої матриці потрібне точне визначення термодинамічних властивостей форми при даному хім. складу чавуну, масі виливки, товщиною стінки й температурі заливання металу.

Даного результату можна досягти за рахунок пасивного, або активного впливу на виливок. В наведених матеріалах описано саме застосування пасивного сповільнення охолодження за рахунок матеріалу кришки КВЛ.

Розробка таких матеріалів проводилась в рамках науково-дослідних робіт Чорноморського Національного університету імені Петра Могили за тематикою „Розробка композиційного пористого матеріалу з об'ємозмінними теплофізичними властивостями” на 2015-2018 р. р. та двома госпрозрахунковими темами: «Фундаментальні дослідження поверхневих високоміцних структур із змінною зносостійкістю» держреєстрація №0115U000317 2015-2018 р.р. та «Розробка нових комбінованих композитних пористих матеріалів з об'ємозмінними теплофізичними властивостями військово-цивільного застосування» держреєстрація № 2019-2021 р.р.

Дослідження з застосування губчастого титану в футеруванні кокілів відцентрового лиття базуються на розробках групи науковців, до складу якої входив керівник даних тем: Л.П. Клименко, В.Е. Яковчук, И.С. Долгопят, В.И. Андреев, Э.Б. Хачатуров, В.А. Павлов, Б.П. Прушинский, В.К. Сошников починаючи з 1987 року [1].

Авторами було розроблено футерувальні вставки з спресованої здрібненої титанової губки (Рис 1.), що складаються з двох шарів: теплоізолюючого на основі спресованої титанової губки марки ТГ-ТВ та контактної шару насиченого карбідом титану, отриманим шляхом карбідизації суміші 70%ТГ-ТВ та 30% мас. порошку титану марок ТГ-90...ТГ-160 для одержання усередненої фракції часток –500...+630 мкм, де дрібна фракція титанової губки виступала в якості наповнювача для підвищення щільності контактної поверхні.

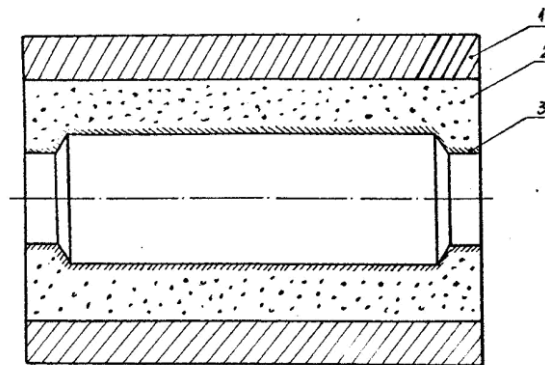


Рисунок 1 – Футерувальні вставки з спресованої здрібненої титанової губки: 1– корпус; 2- термоізоляційний шар (титанова губка ТГ-ТВ); 3– лицевий шар (карбід титану)

Було визначено, що оптимальна товщина лицевого шару становить 0,2-2 мм. При нижчих значеннях відбувається пригар відливки до стінок футерувальної вставки, а при вищих можлива втрата зав'язків між карбідом титану та титановою губкою, та відповідно, розшарування вставки.

Безпосереднім об'єктом для вдосконалення стали композитні торцеві кришки КВЛ (Рис 2.), розроблені в рамках проекту «Розроблення композиційного пористого матеріалу ливарних форм з об'ємозмінними теплофізичними властивостями» в 2007-2009 роках [2].

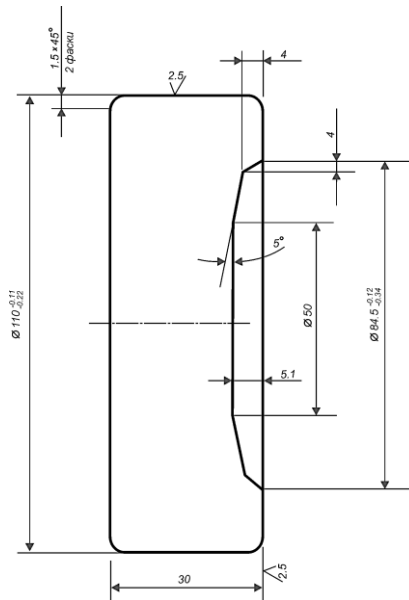


Рисунок 2 – Композитна торцева кришка КВЛ

Основним недоліком пористих кришок з губчастого титану, отриманих методами порошкової металургії був низький термін їх експлуатації, зумовлений перепадами температури, капілярним ефектом та низькою стійкістю до вібрації.

Для вирішення проблем, пов'язаних з контактом кришки з виливком було розроблено конструкцію (Рис. 3), в якій теплоізоляційний шар губчастого титану ізолює від розплаву чавуну змінними металічними фланцями [3].

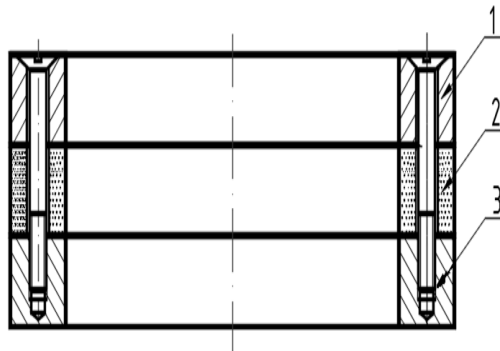


Рисунок 3 – Схема конструкції кришки кокілю: 1 – Кришки із сплаву титана; 2 – пористий ізолятор; 3 – штифтовий з'єднувальний вузол

В подальшому дану конструкцію було вдосконалено (Рис. 4) шляхом заміни дорогих монолітних вкладок, елементами кришки з закритою об'ємною пористістю, тобто тим же матеріалом, просякнутим сумішшю рідкого скла з компонентами піщано-глинистих форм на стадії пресування [4].

Лицевий шар (1) у вигляді жаростійкого композиту з закритою об'ємною пористістю на основі титанової губки в силікатній матриці [5]; тепло ізолятор (2) на основі подібного багатшарового матеріалу [6], що виконує роль механічної основи.; металеві кріплення (3)

з різьбою для з'єднання елементів конструкції та поглиблення (4) для фіксації змінних керамічних жаростійких вкладок [7].

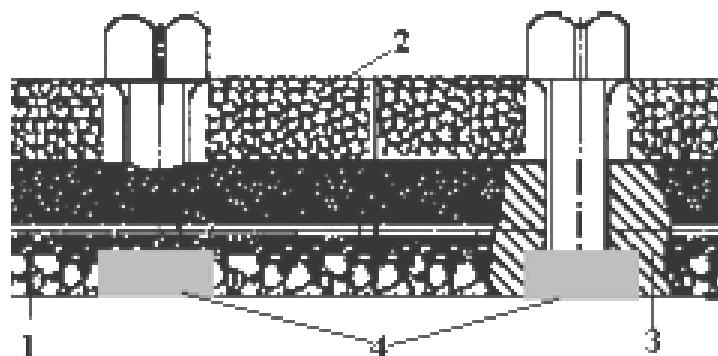


Рисунок 4 – Вдосконалена конструкція кришки КВЛ

Проблемою обох конструкцій, після виключення безпосереднього контакту губчастого титану з чавуном залишається низька стійкість до вібрацій та ударних навантажень.

В рамках діючих досліджень в прикладній темі „Розробка нових комбінованих композитних пористих матеріалів з об'ємозмінними теплофізичними властивостями військово-цивільного застосування” було створено та направлено на патентування спеціальне кріплення (Рис 5.), що дозволить застосовувати розроблені конструкції в складі металевого кокілю.

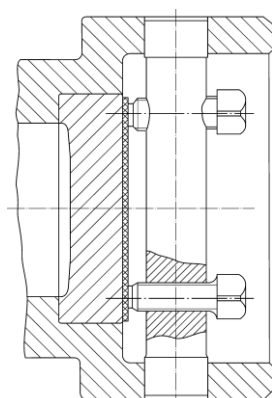


Рисунок 5 – Кріплення для композитної кришки КВЛ

Також, після ряду досліджень з поверхневого [8] та об'ємного [9] закриття пористості було розроблено та направлено на патентування оптимальні показники з покриття кришки фарбою в циклі лиття та поверхневого захисту кришки [10] змінною оболонкою багат шарової фольги.

Проте, для вирішення проблеми зниження теплопровідності кришки було також розроблено та направлено на патентування додаткові варіанти конструкції кришки.

Перший варіант базується на створенні полої циліндричної конструкції з звичайного металу, яка заповнюватиметься з середини матеріалом з низькою теплопровідністю, або при доступності матеріальної бази залишатиметься полою з вакуумом всередині.

Другий варіант є втіленням конструкції з активним охолодженням, де до складу кришки входить система водяного охолодження.

Третій варіант є розвитком досліджень з губчастим титаном і передбачає застосування обробленого шматка губчастого титану замість пресування його порошку.

Впровадження даного методу дозволить знизити мінімальну кількість операцій з отримання пористих матеріалів на основі губчастого титану з п'яти (1) магнійтермічне відновлення, 2) дробління, 3) змішування порошку з наповнювачами за потреби, 4)

пресування, 5) вакуумне спікання) до – чотирьох, з яких остання не є обов'язковою (1) Магнійтермічне відновлення з контрольованим тиском і температурою, 2) просочування наповнювачами за потреби, 3) вальцювання, 4) поверхнева обробка за потреби).

При цьому суттєвою перевагою є те, що пористість, отримана на стадії відновлення, є більш рівномірною та піддається кращому мікроконтролю. Також дороге вакуумне спікання, що потребує температур від 1100°C може бути замінено ізотермічною витримкою чи іонно-плазмовим напиленням, що здатні забезпечити потрібну для поверхневого зняття напружень температуру від 250°C без вакууму, в той час як для об'ємних напружень в порошкових матеріалах обов'язково необхідна тривала витримка при високій температурі. Низька температура зняття напружень дозволяє застосовувати в просякнутому матеріалі менш жаростійкі наповнювачі, розширюючи діапазон можливих для просякнення сумішей.

Висновки. Таким чином, було досліджено вплив теплопровідності матеріалу кришок кокілів відцентрового лиття на поверхневий відбій виливка, а відповідно і на якість його металу. Базуючись на природі пористості порошкових композитів та металічної піни було визначено, що кращими теплопровідними властивостями володіє саме цілісний шматок губчастого титану.

Як результат розроблено ряд модифікацій виробів, призначених для відцентрового лиття:

Композитні кришки та футерування з здрібненого губчастого титану, поверхнева пористість яких закривається за рахунок шару карбиду титану та антипригарної фарби;

Композитна кришка з захисними металічними фланцями та тепло ізолюючим шаром з композиту на основі губчастого титану, отриманого методами порошкової металургії;

Модифікована конструкція кришки, де металічні фланці замінено змінними керамічними в зоні контакту з металом;

Кріплення для композитних кришок КВЛ;

Поверхневий захист композитних кришок за рахунок змінної багатошарової фольги та фарби визначеної товщини та складу;

Пола кришка з наповнювачем низької теплопровідності, або вакуумом;

Кришка з обвальцьованого шматка губчастого титану, вирощеного в конвертері.

Останній варіант прийнято як найбільш ефективний.

ЛІТЕРАТУРА

1. Изложница для центробежного литья: А.с. 1465171 СССР, МКИ В22Д13/10 / Л.П. Клименко, В.Е. Яковчук, И.С. Долгопят, В.И. Андреев, Э.Б. Хачатуров, В.А. Павлов, Б.П. Прушинский, В.К. Сошников (СССР). – 4292704/31-02; Заявлено 03.08.1987; Опубл. 15.03.1989; Бюл. № 10. – С. 76.

2. Андреев В.И., Хачатуров Э.Б., Хачатурова И.Н. Новый композиционный материал торцевых крышек изложниц центробежного литья // Тезисы доклада международной научной конференции, 9-17 сент. 2007 г., Натанья (Израиль). – Хмельницкий: ХНУ, 2007. – С. 109-112.

3. Патент на корисну модель UA №115139 Кришка для кокілю відцентрового лиття / Л. П. Клименко, В. І. Андреев, О. І. Случак, О. Ф. Прищепов, В. В. Шугай, Л. М., опубл.10.04.17, бюл.№7.

4. Патент на винахід UA № 120442 Модифікація кришки для кокілів відцентрового лиття / Л. П. Клименко, О. Ф. Прищепов, В. І. Андреев, О. І. Случак, В. В. Шугай; Чорноморський національний університет імені Петра Могили. – заявл. 27.10.2017 (Заявка на винахід a201710346), опубл. 10.12.19, бюл №23.

5. Патент на корисну модель UA №115138 Спосіб виготовлення композитних матеріалів на основі порошку губчастого титану в силікатній матриці / Клименко Л. П., Андреев В. І. , О. І. Случак, Шугай В. В. – подано 27.07.2016, опубл.10.04.17, бюл. №7.

6. Патент на корисну модель UA № 124362 Багатошаровий композитний фільтр для рідин / Н. Ю. Андрєєва О. І. Случак, О. І. Случак, О. Ф. Прищепов; заявник Чорноморський національний університет імені Петра Могили ; заявл. 20.09.2017; опубл. 10.04.2018, бюл. № 7/2018.

7. Патент на корисну модель UA №128678. Футерувальні вкладки для кокілів відцентрового лиття на основі шліфувального корунду / Л. П. Клименко, В. І. Андрєєв, О. Ф. Прищепов, О. І. Случак, В. В. Шугай; Чорноморський національний університет імені Петра Могили. – 10.10.18. бюл. №19.

8. Клименко Л. П., Андрєєв В. І., Случак О. І. Питома поверхня як визначальний фактор експлуатації порошкових композитних матеріалів на основі губчастого титану / Л. П. Клименко, Л. М. Дихта, В. І. Андрєєв, О. Ф. Прищепов // Збірка тез всеукраїнської науково - методичної конференції «Могилянські читання – 2019 : Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти», 11 - 16 листопада 2019 р. – Миколаїв: Вид - во ЧНУ ім. Петра Могили, 2019.

9. Патент на корисну модель UA №115138 Спосіб виготовлення композитних матеріалів на основі порошку губчастого титану в силікатній матриці / Клименко Л. П., Андрєєв В. І., О. І. Случак, Шугай В. В. – подано 27.07.2016, опубл. 10.04.17, бюл. №7.

10. Клименко Л. П., Андрєєв В. І., Случак О. І. Визначення критичних температур роботи кокілів відцентрового лиття деталей ДВЗ з елементами композиційних пористих матеріалів на основі губчастого титану // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2019», випуск 5, - Херсон: ХНТУ, 2019 – 194с. ISBN 978-617-7783-16-8.

НЕЙРОННІ СІТКИ У КЕРУВАННІ МІКРОКЛІМАТОМ

Білій В.А.

Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)

Анотація. Метою дослідження є оцінка перспектив створення систем адаптивного керування комфортністю мікроклімату з використанням апарату нейронних сіток та машинного навчання. Побудована модель була перевірена з використанням алгоритму зі стандарту ISO7730 на множині допустимих значень параметрів повітря приміщення, вдягненості та швидкості обміну речовин людини. Отримана точність та обчислювальна складність дозволяє використовувати запропоновану нейронну сітку для створення систем керування на елементній базі з низькою обчислювальною потужністю.

Ключові слова: якість повітря, комфортність, PMV, нейронна сітка, контрольоване навчання, навчання без контролю.

Вступ. Машинне навчання знаходить використання у все більшому числі галузей науки та техніки, тому що надає можливість створювати придатні до використання обчислювальні системи навіть для завдань, де класичні процедурні алгоритми не існують або мають високу обчислювальну складність.

Це дослідження є опробацією використання алгоритмів машинного навчання для створення обчислювальної системи, здатної виконувати два завдання: обчислювати інтегральний показник комфортності PMV згідно зі стандартом ISO 7730 та адаптуватися до тепловідчуття користувачів.

Основна частина. У стандарті ISO7730 представлено інтегральний показник комфортності PMV [1], який передбачає середнє відчуття великої кількості людей за шкалою тепловідчуття, наведеною у Таблиці 1 та обчислюється наступним чином:

$$PMV = [0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028] \times [(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)] \quad (1)$$

де

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot [3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)] \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{для } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{для } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1 + 1,29 \cdot I_{cl} & \text{для } I_{cl} \leq 0,078 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \\ 1,05 + 0,645 \cdot I_{cl} & \text{для } I_{cl} > 0,078 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \end{cases} \quad (4)$$

$$I_{cl} = 0,155 \cdot CLO \quad (5)$$

$$M = 58,15 \cdot MET \quad (7)$$

PMV - інтегральний показник комфортності, відн. од.; M - показник метаболізму, Вт/м^2 ; W - ефективна зовнішня робота, Вт/м^2 ; I_{cl} - термічний опір одягу, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$; CLO - показник вдягненості, відн. од.; f_{cl} - частка вдягненої поверхні тіла; t_a - температура повітря, °C; t_r - середня радіаційна температура, °C; v_{ar} - швидкість повітря, м/с; p_a - парціальний тиск водяної пари, Па; h_c - коефіцієнт конвективного теплообміну, $\text{Вт/(К} \cdot \text{м}^2)$; t_{cl} - температура поверхні одягу, °C; MET - показник метаболізму у відносних одиницях, 1 met = 58.2 Вт/м^2 .

Таблиця 1 – Шкала тепловідчуття зі Стандарту ISO 7730

Жарко	Тепло	Злегка тепло	Нейтрально	Злегка прохолодно	Прохолодно	Холодно
3	2	1	0	-1	-2	-3

Стандарт містить ітераційний алгоритм розрахунку PMV, приклад роботи якого на тестовому наборі даних наведено у стовбці PMV_{ISO} Таблиці 1. Для цілей дослідження алгоритм було реалізовано з використанням мови програмування Python, результат якого наведено у стовбці PMV_a для порівняння зі значеннями PMV_{ISO} .

Таблиця 2 – Тестові набори даних зі стандарту ISO 7730: PMV_{ISO} - наведено у стандарті; PMV_a - розраховано за допомогою процедурного алгоритму; PMV_{nn} - отримано на виході нейронної сітки

номер тесту	t_a	t_r	v_{ar}	h_r	MET	CLO	PMV_{ISO}	PMV_a	PMV_{nn}
1	22,0	22,0	0,1	60,0	1,2	0,5	-0,75	-0,75	-0,75
2	27,0	27,0	0,1	60,0	1,2	0,5	0,77	0,76	0,77
3	27,0	27,0	0,3	60,0	1,2	0,5	0,44	0,43	0,44
4	23,5	25,5	0,1	60,0	1,2	0,5	-0,01	-0,01	-0,03
5	23,5	25,5	0,3	60,0	1,2	0,5	-0,55	-0,56	-0,55
6	19,0	19,0	0,1	40,0	1,2	1,0	-0,60	-0,6	-0,60
7	23,5	23,5	0,1	40,0	1,2	1,0	0,50	0,36	0,37
8	23,5	23,5	0,3	40,0	1,2	1,0	0,12	0,12	0,12
9	23,0	21,0	0,1	40,0	1,2	1,0	0,05	0,05	0,06
10	23,0	21,0	0,3	40,0	1,2	1,0	-0,16	-0,17	-0,16
11	22,0	22,0	0,1	60,0	1,6	0,5	0,05	0,05	0,04
12	27,0	27,0	0,1	60,0	1,6	0,5	1,17	1,17	1,18
13	27,0	27,0	0,3	60,0	1,6	0,5	0,95	0,95	0,94
середньоквадратична помилка								0,00153	0,00136

Алгоритм було використано для розрахунку значення PMV для кожного з навчальних прикладів, згенерованих випадковим чином для тренування нейронної сітки. Всього було обчислено 875000 навчальних прикладів, кожен з яких складається зі значень $[t_a, t_r, v_{ar}, h_r, MET, CLO, W, p_a, PMV]$. Параметр W (ефективна зовнішня робота) було прийнято рівним 0 для усіх навчальних прикладів. Формули для обчислення параметрів $t_a, t_r, v_{ar}, h_r, MET, CLO, p_a$ наведено у Таблиці 3.

Множину навчальних прикладів було розділено на тренувальний набір з 700000 прикладів та перевіральний набір з 175000 прикладів

Таблиця 3 – Діапазони значень та алгоритми обчислення параметрів навчальних прикладів. $\sigma_a, \sigma_r, \sigma_v, \sigma_h, \sigma_M, \sigma_{cl}$ - випадкові значення з діапазону [0; 1]

	t_a	t_r	v_{ar}	h_r	MET	CLO	W	p_a
діапазон	[10; 30]	[8; 32]	[0; 1]	[30; 70]	[0; 8,4]	[0; 2]	0	[367,8; 2970,3]
алгоритм обчислення	σ_a	$t_a - 2 + 4 \times \sigma_r$	σ_v	$30 + 40 \times \sigma_h$	$0,8 + 3,2 \times \sigma_M$	$2 \times \sigma_{cl}$	0	$10h_r e^{16,6536 - \frac{4030,183}{t_a + 235}}$

На рисунку 1 представлено використовувану у цій роботі конфігурацію нейронної сітки, яка включає 4 повністю пов'язаних шари: вхідний, два прихованих та один вихідний. Кожен з трьох перших шарів (вхідний та два приховані) містить 64 нейрона з функцією активації ReLU. Вихідний шар містить один нейрон без функції активації. Обрана конфігурація та методика навчання є розвиненням ідей використання машинного навчання для передбачення показника термального комфорту, викладених у роботах [2], [3], [4]. Для реалізації запропонованої обчислювальної системи глибокого навчання було використано мови програмування Python та бібліотеку Tensor Flow. Тренування сітки проводилось за принципом контрольованого навчання (Supervised Learning) методом мінімізації середньоквадратичної помилки та зворотного поширення. За цим методом, на кожному кроці навчання на входи нейронів першого, вхідного шару подаються нормалізовані значення навчального прикладу $[t_a \ t_r \ v_{ar} \ h_r \ MET \ CLO \ W \ p_a]$. Значення (активація) вихідного нейрону розраховуються методом прямого поширення та порівнюється з цільовим значенням PMV, що було попередньо розраховано для цього навчального прикладу. Отримана різниця використовується для корекції вагових коефіцієнтів усіх шарів сітки за методом зворотного поширення. Тренування сітки проводилося з використанням стандартної швидкості навчання 0.001 протягом 50 епох, кожна з яких включає використання усіх прикладами з тренувального набору. Результат розрахунку показника PMV нейронною сіткою на підставі тестових прикладів зі стандарту ISO7730 наведено у стовбці PMV_{nn} таблиці 2.

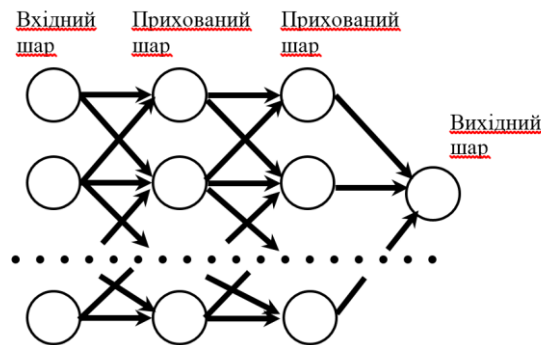


Рисунок 1 – Конфігурація нейронної сітки

На тестовому наборі прикладів нейронна сітка показала більшу точність, ніж процедурний алгоритм, завдяки великій кількості навчальних прикладів.

Отриману натреновану нейронну сітку використали для визначення тепловідчуття людей у контрольованому приміщенні за умови постійності показників метаболізму MET та вдягненості CLO

Точність передбачення показника PMV можна підвищити, якщо подавати на вхід нейронної сітки дійсні значення показник метаболізму M , залежність якого від частоти серцевих скорочень наведена у стандарті ISO 8996 [5]. Сучасні біометричні засоби дозволяють досить легко вимірювати частоти серцевих скорочень у реальному часі.

$$M = M_0 + \frac{HR - HR_0}{RM} \quad (8)$$

$$RM = (HR_{max} - HR_0) / (MWC - M_0) \quad (9)$$

$$MWC = (41,7 - 0,22A)P^{0,666} - \text{для чоловіків} \quad (10)$$

$$MWC = (35,0 - 0,22A)P^{0,666} - \text{для жінок}$$

$$HR_{max} = 205 - 0,62A \quad (11)$$

M - показник метаболізму, $Вт/м^2$; M_0 - показник метаболізму у спокої, $Вт/м^2$; RM - підвищення частоти серцевих скорочень на одиницю показника метаболізму; HR_0 -

частота серцевих скорочень у спокої; HR_{max} - максимальна частота серцевих скорочень; MWC - максимальна працездатність $Вт/м^2$; A - вік; P - вага, кг.

За визначенням, інтегральний показник комфортності PMV є усередненим значенням, що може бути неточним для деяких груп людей. Для подолання цього обмеження пропонується використовувати отриману нейронну сітку в інтелектуальній адаптивній системі керування комфортністю з двома ланками зворотного зв'язку, Рисунок 1. Перша ланка забезпечує систему інформацією у реальному часі про частоту серцевих скорочень користувачів системи, а отже і про показник метаболізму M . За допомогою другої ланки користувачі можуть надавати системі інформацію про своє реальне тепловідчуття шляхом вибору значення на шкалі з Таблиці 1.

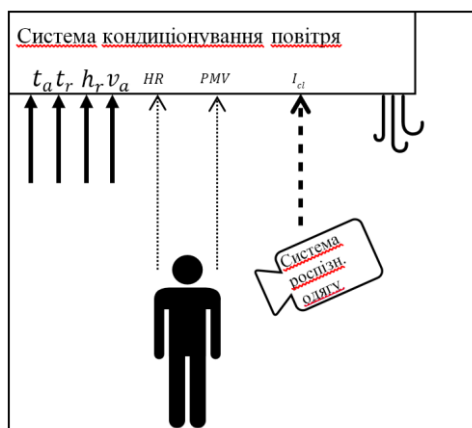


Рисунок 2 – Схема інтелектуальної адаптивної системи керування комфортністю

Така структура системи надає можливість перетренувати нейронну сітку з принципом навчання без контролю, що дозволить адаптувати її з урахуванням тепловідчуття користувачів та досягти більш точного визначення та підтримання комфортності.

Для автоматичного визначення показника вдягненості CLO можуть бути використані сучасні технології машинного зору, що дозволить системі підтримувати достатній рівень комфорту незалежно від одягу користувачів.

Висновок. Отримані у роботі результати свідчать про перспективність застосування апарату машинного навчання у дослідженні та конструюванні систем мікроклімату. Обчислювальний експеримент показав достовірність результатів роботи запропонованої нейронної сітки та її ефективність у розрахунку інтегрального показника комфортності PMV . Наступним кроком дослідження заплановано проведення натурного експерименту, для цілей якого буде створено прилад, що реалізовує запропоновану нейронну сітку та два канали зворотного зв'язку по частоті серцевих скорочень та тепловідчутттю користувачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ISO 7730, Ergonomics of thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
2. Pedro M. Ferreira, Sergio M. Silva, Antonio E. Ruano, "Neural Network PMV Estimation for Model-Based Predictive Control of HVAC Systems", 2014.
3. S. Atthajariyakul and T. Leephakpreeda, "Neural computing thermal comfort index for hvac systems," Energy Conversion and Management, vol. 46, no. 15-16, pp. 2553–2565, 2005.
4. M. Kumar and I. Kar, "Non-linear hvac computations using least square support vector machines," Energy Conversion and Management, no. 50, pp. 1411–1418, 2009.
5. ISO 8996, Ergonomics of thermal environment - Determination of metabolic rate.

ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ГАЗОВОГО СКЛАДУ АТМОСФЕРИ СУДНОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Білій В.А.

*Національний університет «Одеська морська академія»
(Україна)*

Анотація. Метою дослідження є аналіз перспектив вдосконалення конструктивних засобів та організаційних заходів з контролю газового складу повітря суднових приміщень. Розглянуто дійсні нормативні документи, що регламентують конструкцію газовимірювального обладнання та організацію виробничих процесів на борту судна.

Ключові слова: *якість повітря, газовий склад, газовимірювальне обладнання.*

Вступ. Забруднювачі потрапляють до атмосфери суднових приміщень з навколишнього середовища, вантажної зони, машинних відділень, паливних танків. Існуючі газовимірювальні системи здебільшого створені для виявлення небезпечних газів та випаровувань, що надходять з вантажної зони. Вимірювання концентрацій оксидів сірки та азоту, озону, твердих частинок не регламентується

Судна наливного флоту комплектуються газовимірювальним обладнанням для захисту екіпажу від пожежної небезпеки та впливу токсичних речовин, що містяться у випаровуваннях вантажу. Вимоги стосовно забезпечення засобами захисту містяться у низці нормативних документів: СОЛАС, Міжнародному кодексу з перевезення небезпечних вантажів (IMDG Code), Міжнародному кодексу з перевезення хімічних вантажів наливом (IBC Code), Міжнародного кодексу з будування та обладнання суден, що перевозять скраплені гази наливом (IGC Code).

Для суховантажних суден, що не перевозять небезпечні вантажі, не встановлено вимог до обов'язкового забезпечення газоаналізаторами неперервної дії. Проте атмосфера приміщень суден цього також може бути забруднена з машинних відділень та навколишнього середовища.

Порівняльний аналіз вимог до газоаналізаторів дозволяє виявити перспективні напрямки удосконалення контролю за газовим складом атмосфери суднових приміщень.

Основна частина. Спільні для усіх типів суден конструктивні та організаційні вимоги з безпеки представлено у міжнародній конвенції з охорони людського життя на морі (СОЛАС) [1]. Для суден, що перевозять відповідні вантажі, Конвенція передбачає дотримання Міжнародного кодексу з перевезення небезпечних вантажів (IMDG Code), Міжнародного кодексу з перевезення хімічних вантажів наливом (IBC Code), Міжнародного кодексу з будування та обладнання суден, що перевозять скраплені гази наливом (IGC Code), Міжнародного кодексу з перевезення зерна на судах. СОЛАС містить вимоги до забезпечення судна засобами вимірювання концентрацій токсичних або легкозаймистих газів, якщо вантаж здатен їх випускати, та концентрацію кисню, якщо вантаж здатен створювати його нестачу.

Міжнародний кодекс з будування та обладнання суден, що перевозять скраплені гази наливом (IGC Code) [2] містить експлуатаційні та організаційні положення, що застосовуються при перевезенні газів. Поміж іншого, кодекс регламентує контроль середовища у вантажних танках та трюмах, конструкцію й роботу систем та обладнання особистого захисту, систем вентиляції, вимірювальних приладів, включно системи виявлення газів. Судно повинно бути укомплектовано газоаналізаторами, що відповідають вимогам Адміністрації та здатні вимірювати концентрації газів, що судно транспортує. Згідно з встановленими мінімальними вимогами, в залежності від грузу, газоаналізатори мають бути чотирьох типів: для виявлення займистих випаровувань, для виявлення токсичних випаровувань, комбінованого типу (виявляють займисті та токсичні речовини), та аналізатори кисню. Стаціонарна система виявлення газу повинні бути встановлені у

приміщеннях: вантажних насосів, вантажних компресорів, електроприводу вантажних механізмів, не-газобезпечних постів керування, вантажної зони, повітряних шлюзів та у вентиляційних ковпаках й каналах. Інтервал відбору проб з кожної контрольованої зони не повинен перевищувати 30 хв, окрім вентиляційних ковпаків й каналів, де вимірювання концентрації повинно здійснюватися безперервно. Сигналізатори виявлення займистих випаровувань повинні спрацьовувати при досягненні концентрації 30% від нижньої межі займання (LFL - Low Flammability Level). У разі перевезення токсичних газів, відбір проб з трюмних та міжбар'єрних приміщень повинен здійснювати з інтервалом не більш ніж 4 години перед входом персоналу до приміщення та кожні 30 хв під час перебування людей у цих приміщеннях. При перевезенні деяких токсичних газів, спеціальне приміщення у надбудові повинне бути виділене для захисту персоналу від витоку великої кількості вантажу.

Міжнародний кодекс з перевезення хімічних вантажів наливом (IBC Code) [3] має таку ж структуру як і Міжнародний кодекс з будовання та обладнання суден, що перевозять скраплені гази наливом та містить положення та вимоги специфічні для суден-хімовозів згідно з особливостями вантажів що ними перевозяться. При перевезенні токсичних або легкозаймистих речовин, судно повинно бути укомплектовано системою здатною виявляти токсичні та займисті концентрації випаровувань вантажу.

Чинний Опитувальник з інспекції суден танкерного флоту (VIQ7)[4] містить низку вимог до контролю за атмосферою суднових приміщень, комплектацію танкерів газоаналізаторами, їх застосування та обслуговування. В залежності від вантажу, що транспортується, газоаналізатори повинні виявляти вуглеводні або токсичні гази. Атмосферний тиск у надбудові повинен бути вищим за тиск зовнішньої атмосфери а різниця тисків має бути достатньо малою, щоб не перешкоджати роботі самозакривальних дверей. Режимі повної рециркуляції системи кондиціонування повітря заборонений під час нормальної експлуатації, оскільки він призводить до проникнення забруднювачів ззовні у атмосферу надбудови за умови роботи санітарної та камбузної витяжних систем вентиляції. Зазначимо, що Державні санітарні правила вимагають герметизації припливної вентиляції житлової надбудови на період вантажних операцій чи зачищення вантажних приміщень, знаходиться у протиріччі з вимогами Опитувальника.

Міжнародна настанова з безпеки для нафтових танкерів та терміналів (ISGOTT)[5] є стандартом з забезпечення безпеки у танкерній індустрії. Документ містить рекомендації для поведіння з сировою нафтою, нафтопродуктами та паливом для екіпажів танкерів та працівників терміналів. Рідкі нафтопродукти мають низьку оральну токсичність, крім попадання у легені, що може призвести до серйозних наслідків. При контакті з шкірою, нафтопродукти можуть викликати подразнення, дерматити та більш небезпечні хвороби. Згідно Настанови, нафтові гази є небезпечними, оскільки, вдихання навіть невеликої кількості при концентраціях значно нижчих за Нижню межу займання, здатне викликати симптоми зменшеної відповідальності та запаморочення, а потрапляння у легені та у кровотік великої кількості може бути фатальним. Настанови наголошують, що забруднення повітря різними газами є основною токсичною загрозою екіпажу; навіть якщо людина може переносити забруднення повітря нафтовим газом, ця концентрація не може вважатися безпечною. Низькі концентрації нафтових газів 500 ppm (0.05%) - 2000 ppm (0.2%) здатні швидко викликати значний дискомфорт у екіпажу, але не спричинять спрацювання судової системи вивлення газу, оскільки такі системи настроюють на активацію сигналізації при досягненні 30% від нижньої межі займання згідно з IGC Code та FSS Code. Одним з забруднювачів, що можуть бути присутні на борту суден, є меркаптани, які виробляються при деградації органічних речовин та можуть бути присутні у танках, що містять брудний баласт та залишки нафти, у очисних установках баласту та стічних вод. Меркаптани призводять до подразнення легенів, очей, слизової носу та горла, під впливом великих концентрацій може статися втрата свідомості. Вони можуть потрапляти у житлові

приміщення з отворів вентиляції танків, через забір повітря системи вентиляції та кондиціонування надбудови, через дренажі санвузлів, якщо тиск повітря у надбудові нижче ніж ззовні. Настанови застерігають, що вихлопні гази двигунів та котлів небезпечні для екіпажу через нестаток кисню та вміст оксидів азоту, діоксиду сірки та монооксиду вуглецю. При нормальному згорянні вихлопні гази містять 200 ppm оксидів азоту, більшість з яких становить монооксид NO, 2000 ppm діоксиду сірки та менше 10 ppm монооксиду вуглецю. При порушенні процесу згоряння вміст монооксиду вуглецю зростає більше 200 ppm. Межеві порогові значення складових вихлопних газів представлені у Таблиці 1. Вихлопні гази можуть потрапляти у надбудову через забір повітря системи вентиляції та кондиціонування, нещільності дверей, що ведуть з надбудови до машинних та котельних відділень.

Таблиця 1 – Межеві порогові значення складових вихлопних газів

Речовина	TLV-TWA
NO	25 ppm
NO ₂	3 ppm
SO ₂	2 ppm
CO	25 ppm

Для визначення токсичної безпечності повітря використовують показник TLV (Threshold Limit Value - Межеве Порогове Значення), що встановлює безпечну для людини максимальну концентрація забруднювача, яка не може бути перевищена. У Настановах використовується показник TLV-TWA (Time Weighted Average - середньозважене за часом) для 8 - годинного робочого дня. Значення показників для кожного з забруднювачів встановлюють міжнародні організації, державні адміністрації та стандарти. У танкерній індустрії використовують значення встановлені Американською Конференцією Державних Промислових Гігієністів (ACGIH). У Таблиці 2. представлено значення TLV-TWA для речовин, що містяться у випаровуваннях типових вантажів та палива танкерів, газозовів та хімовозів.

Таблиця 2 – Межеві порогові значення речовин, що містяться у випаровуваннях танкерних вантажів, згідно ACGIH

Речовина	TLV-TWA
Пропан	1000 ppm
Пропілен	1000 ppm
н-Бутан	600 ppm
і-Бутан	600 ppm
Бутадиєн	10 ppm
Бутілен	800 ppm
Вініл Хлорид Мономер	2 ppm
Пентан	500 ppm
Двуоксид сірки	2 ppm
Сірководень	5 ppm
Бензол	1 ppm

Державними санітарними правилами для морських суден України ДСП 7.7.4.-057-2000 [6] встановлено конструктивні та організаційні вимоги до суден, їх обладнання, приміщень, перевезення вантажів, житлових умов моряків та пасажирів. Правила встановлюють вимоги до кількості припливного й витяжного повітря, кількості обмінів повітря, мінімальної та максимальної температури припливного повітря, її максимального відхилення від температури повітря у приміщенні. Згідно з Правилами, інтенсивність обміну повітря та обмеження рециркуляції повинні забезпечувати концентрацію вуглекислого газу (CO₂) не вище гранично допустимої. Рециркуляція обмежена 30% від кількості необхідного повітря та не допускається для приміщень, де присутні джерела виділення токсичних речовин, шкідливих газів та специфічних запахів. На судах, що можуть забруднювати повітря під час експлуатації, повинні бути встановлені протипилові фільтри. Конструкцією суден танкерного флоту повинна бути забезпечена можливість герметизації припливної вентиляції та регенерації повітря приміщень житлового та виробничого призначення. При перевезенні небезпечних вантажів в залежності від їх властивостей, може здійснюватися контроль рівнів хімічного забруднення повітря суднових приміщень.

Висновок. Порівняльний аналіз вимог нормативних документів до газовимірювального обладнання та заходів контролю газового складу атмосфери суднових приміщень показує недостатність захисту здоров'я екіпажу від впливу шкідливих домішок. Потребують розроблення технічні засоби неперервної дії для виявлення в повітрі оксидів сірки, азоту та вуглецю, нафтових та токсичних газів, твердих частинок. В сучасних умовах експлуатації флоту скороченими екіпажами робочий день моряків часто перевищує вісім годин. Це зумовлює необхідність перегляду значень TLV, TLV-TWA для морської індустрії та впровадження ефективної персоналізованої методики підрахунку експозиції.

Для захисту повітря житлових та робітничих приміщень від забруднення необхідно впровадження систем фільтрування та керування вентиляцією в залежності від концентрації забруднювачів у зовнішньому та внутрішньому повітрі.

Підвищення колективної безпеки на борту усіх типів суден може бути забезпечено впровадженням Стандарт ISO 16000-40 Управління якістю внутрішнього повітря [7], який створено з метою встановлення загальних вимог до систем управління якістю повітря усіх видів приміщень. Стандарт визначає систему управління як сукупність взаємодійних елементів організації що встановлюють політики управління, цілі та процеси за допомогою яких досягаються встановлені цілі. Організація створює таку систему у разі потреби у контролі та зменшенні виробничих та соціальних ризиків, пов'язаних з забрудненням повітря приміщення парами хімічно-активних сполук, твердими частинками та шкідливими газами.

ЛІТЕРАТУРА

1. СОЛАС.
2. Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Liquefied Gases in Bulk (IMO IGC Code).
3. International Code for the construction and equipment of ships carrying dangerous chemicals in bulk (IMO IBC Code).
4. Vessel Inspection Questionnaires for Oil Tankers, Combination Carriers, Shuttle Tankers, Chemical Tankers and Gas Tankers, Seventh Edition (VIQ 7).
5. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT).
6. Державні санітарні правила для морських суден України ДСП 7.7.4.-057-2000.
7. ISO 16000-40 Indoor air quality system.

МОДИФІКОВАНА ЕПОКСИДНА МАТРИЦЯ З ПОЛІПШЕНИМИ АДГЕЗІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Букетов А.В., Чернявська Т.В.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вухерер Т.

*Маріборський університет
(Словенія)*

Маляренко О.Д.

*Білоруський національний технічний університет
(Білорусь)*

Вступ. Розробка відноситься до області судно-, літако- і машинобудування, може використовуватися у вигляді матриці для полімеркомпозитних покриттів, що застосовують для захисту від корозії деталей, які контактують з агресивними середовищами при звичайних та підвищених температурах.

Постановка задачі. Для захисту від корозії та з метою поліпшення адгезійних і фізико-механічних властивостей технологічного устаткування використовують полімеркомпозитні покриття, які містять у вигляді зв'язувача епоксидні смоли. Для поліпшення тиксотропних та технологічних властивостей полімерних покриттів у епоксидні олігомери вводять модифікуючі добавки. Крім того, формування зв'язувачів у вигляді композицій, які містять модифікатори, сприяє кращому змочуванню наповнювача, підвищенню рухливості макромолекул, що забезпечує вищий ступінь їх зшивання у зовнішніх поверхневих шарах матриці навколо дисперсних часток.

Мета роботи – розробити модифіковану матрицю з поліпшеними адгезійними властивостями.

Результати досліджень. У основу розробки поставлено задачу підвищення показників адгезійної та когезійної міцності, зниження залишкових напружень у матриці для формування композитів, які експлуатують в умовах значного градієнту температур і циклічних навантажень, шляхом виконання модифікованого епоксидного зв'язувача з поліпшеними адгезійними та когезійними характеристиками. Зв'язувач містить епоксидну діанову смолу, модифікатор і отверджувач, причому у вигляді модифікатора він містить фталімід, який має хімічну формулу $C_8H_5NO_2$ з наступним співвідношенням компонентів, мас.ч.:

епоксидна діанова смола	100
отверджувач	10...12
модифікатор фталімід	0,1...0,3

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 та когезійних властивостей з технологічністю виготовлення композиції. Введення твердника понад 12 мас.ч. на 100 мас.ч. ЕД-20 зумовлює передчасне старіння матеріалу і зниження його адгезійної та когезійної міцності. Введення твердника до 10 мас.ч. на 100 мас.ч. ЕД-20 призводить до

неповного зшивання матриці, що суттєво погіршує адгезійні і когезійні властивості епоксидних матеріалів.

Формування зв'язувача на основі епоксидної діанової смоли ЕД-20 та модифікатора фталіміду у кількості 0,1...0,3 мас.ч. дозволяє поліпшити адгезійні властивості епоксидних композицій та знизити залишкові напруження у процесі експлуатації покриття.

Введення модифікатора понад 0,3 мас.ч. на 100 мас.ч. ЕД-20 зумовлює зниження тиксотропних характеристик матеріалів внаслідок недостатнього зшивання зв'язувача. Введення модифікатора при концентраціях до 0,1 мас.ч. знижує міжмолекулярну взаємодію у полімерному зв'язувачі, що погіршує його когезійні властивості.

Епоксидний зв'язувач формують і наносять на поверхню за наступною технологією. Дозування компонентів, підігрівання епоксидної смоли марки ЕД-20 до температури $T = 353...373$ К, витримка смоли при даній температурі впродовж часу $\tau = 15...20$ хв, гідродинамічне суміщення епоксидної смоли і модифікатора впродовж часу $\tau = 8...10$ хв при оптимальних концентраціях, етерифікація компаунду за температури $T = 333...353$ К впродовж часу $\tau = 15...20$ хв, що забезпечує краще суміщення компонентів, охолодження суміші впродовж часу $\tau = 50...60$ хв до кімнатної температури, введення твердника ПЕПА, вакуумування композиції впродовж часу $\tau = 40...60$ хв, витримання композиції на повітрі впродовж часу $\tau = 24 \pm 0,1$ год, підігрівання композиції до температури $T = 393 \pm 2$ К і її витримання при даній температурі впродовж часу $\tau = 2 \pm 0,1$ год, охолодження композиції і її витримання на повітрі впродовж часу $\tau = 24 \pm 0,1$ год. Отриману композицію, після введення твердника, впродовж часу $\tau = 60...80$ хв наносять на попередньо обезжирену поверхню методом пневматичного розпилення або використовують як зв'язувач для полімеркомпозитних матеріалів.

Висновки. На основі проведених досліджень розроблено матеріал та режими формування матриці для епоксидних композицій з метою отримання антикорозійних покриттів. До розроблених полімеркомпозитних покриттів, що відповідають високим вимогам експлуатації належить антикорозійне полімеркомпозитне покриття, сформоване на основі розробленого модифікованого епоксидного зв'язувача.

АНТИКОРОЗІЙНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Букетова Н.М., Житник Д.В.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Хайбин Ю.

*Пекінський Євразійський міжнародний центр економічного і культурного обміну
(КНР)*

Янутенене Й.

*Клайпедський університет
(Литва)*

Вступ. На основі проведених досліджень розроблено матеріали та режими формування епоксидних композицій для антикорозійних композитів. До розроблених полімеркомпозитних покриттів, що відповідають високим вимогам експлуатації, належить антикорозійне полімеркомпозитне покриття, сформоване на основі модифікованого епоксидного зв'язувача.

Постановка задачі. Розвиток річкового і морського транспорту передбачає створення нових матеріалів для захисту деталей від корозії. У цьому контексті актуальним є використання полімерних композитних матеріалів і захисних покриттів на їх основі. Полімерні композити відзначаються поліпшеними експлуатаційними характеристиками, що зумовлює широкий спектр їх застосування у транспортній галузі для збільшення ресурсу роботи машин і механізмів. При цьому слід зазначити, що на сьогодні актуальною проблемою є поліпшення когезійних характеристик відомих матеріалів, які є визначальними при аналізі надійності устаткування під час його експлуатації за критичних умов.

Мета роботи – розробити антикорозійне покриття для засобів транспорту.

Результати дослідження. Розроблено антикорозійне полімеркомпозитне покриття, основне призначення якого – поліпшення фізико-механічних, теплофізичних і антикорозійних властивостей устаткування морського та річкового транспорту. Захисне покриття містить матеріал на основі модифікованої епоксидної матриці, дисперсного та волокнистого дискретного наповнювачів. Розроблений матеріал містить адгезійний шар, що забезпечує підвищення адгезійної міцності композиту до основи, та функціональний шар, що наносять на частково полімеризований епоксикомпозит з метою поліпшення фізико-механічних, теплофізичних властивостей і корозійної тривкості деталей технологічного устаткування. Розроблений матеріал має високі показники фізико-механічних, теплофізичних і антикорозійних властивостей, а термін його експлуатації – 4...6 років. Низька вартість інгредієнтів полімерної композиції, порівняно з відомими матеріалами, забезпечується підвищенням якості і збільшенням термінів експлуатації та міжремонтних періодів роботи.

Технологічний процес формування покриття складається з таких операцій: підготовка поверхні, приготування композицій, нанесення адгезійного і функціонального шарів, полімеризація композиту.

Якість підготовки захисної поверхні значною мірою визначає надійність і довговічність покриття. Підготовка поверхні полягає в обезжирюванні та видаленні різних забруднень, окалини, іржі методом піскоструминної обробки.

Нанесення захисного розробленого захисного покриття на основі епоксидної матриці на суднові конструкції виконують методом пневматичного розпилення адгезиву з

товщиною 0,2...0,4 мм, що дозволяє суттєво підвищити адгезійну міцність, фізико-механічні властивості і корозійну тривкість захисних покриттів.

До епоксидної смоли додають наповнювачі у відповідних співвідношеннях та проводять їх гідродинамічне суміщення. Після змішування компонентів вводять твердник безпосередньо перед нанесенням композиції на поверхню деталі.

Адгезійний шар складається з наступних компонентів, мас.ч.:

епоксидний діановий олігомер ЕД-20	100
твердник – поліетиленполіамін (ПЕПА)	10...12
модифікатор – малеїновий ангідрид	0,2...0,4
наповнювач – синтезований порошок на основі алюмінію і титану	0,3...0,5

Функціональний шар складається з наступних компонентів, мас.ч.:

епоксидний діановий олігомер ЕД-20	100
твердник – поліетиленполіамін (ПЕПА)	10...12
модифікатор – малеїновий ангідрид	0,5...0,4
наповнювачі:	
синтезований порошок на основі алюмінію і титану	1,0...1,5
суміш дискретних волокон	0,2...0,4.

Адгезійний та поверхневий шари наносять традиційними способами. Найбільш продуктивним і технологічним є метод пневматичного розпилення, який дозволяє наносити рівномірні за товщиною шари матеріалу на поверхні складної конфігурації.

При виключенні процесу термообробки попередню полімеризацію адгезійного шару проводять за температури $T = 293...323$ К впродовж часу $\tau = 30...120$ хв, що забезпечує високий ступінь зшивання макромолекул з утворенням просторової сітки. Це, у свою чергу, зумовлює поліпшення не лише адгезійної міцності, але й фізико-механічних, теплофізичних і, як наслідок, антикорозійних властивостей покриттів. Виконання покриття з товщиною, яка менша за 0,2 мм, чи більша від 0,4 мм погіршує перебіг дифузійних процесів при полімеризації матеріалу, а, отже, є недоцільним. Для релаксації залишкових напружень і підвищення експлуатаційних характеристик повний час полімеризації становить $\tau = 72 \pm 0,1$ год.

Висновки. На основі проведених досліджень розроблено матеріал та режими формування антикорозійного покриття для засобів морського та річкового транспорту. Покриття складається з адгезійного і поверхневого функціонального шарів, містить активний модифікатор, синтезований дисперсний наповнювач і дискретні волокна. Покриття відрізняється не лише підвищеними показниками антикорозійних характеристик, але й поліпшеними фізико-механічними і теплофізичними властивостями.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ ЦИЛІНДРОВОГО МАСЛА ДВИГУНА 6S70MC-C ЗА РАХУНОК УСТАНОВКИ НА СУДНО СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ ВИТРАТ МАСЛА ALPHA ACC

Врублевський Р.Є.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Нині провідними у сфері розробки моторних масел є міжнародні нафтові компанії (Mobil oil, Shell, ESSO, Castrol, BP, Agip, Nippon Petroleum, Chevron Техасо та ін.). Між ними точиться гостра конкурентна боротьба за ринки збуту нафтопродуктів. Тому дослідні центри компаній постійно вишукують шляхи поліпшення якості мастил завдяки вдосконаленню їх складу. Особлива увага приділяється питанням економії моторних мастил у процесі їх застосування на судах, а також перспективам регенерації їх експлуатаційних властивостей. З цією метою дизелебудівні фірми спільно із виробниками мастильних матеріалів розробляють режими змащування, що забезпечують мінімально можливу подачу масла до зон контакту, а також проектують спеціальні установки, що дозволяють відновлювати експлуатаційні властивості мастил [1-3].

Основна частина. Система Alpha Lubricator, рис.1, доступна для всіх MAN B & W MC / MC-C. Двотактні двигуни мають алгоритм контролю дозування циліндрового масла пропорційно вмісту сірки в паливі. Цей алгоритм називається Альфа-адаптивний контроль циліндрового масла (Alpha ACC). Щоб досліджувати потенційні заощадження з Alpha ACC, програма тестування великих масштабів ведеться на двигунах MAN B & W MC/MC-C.

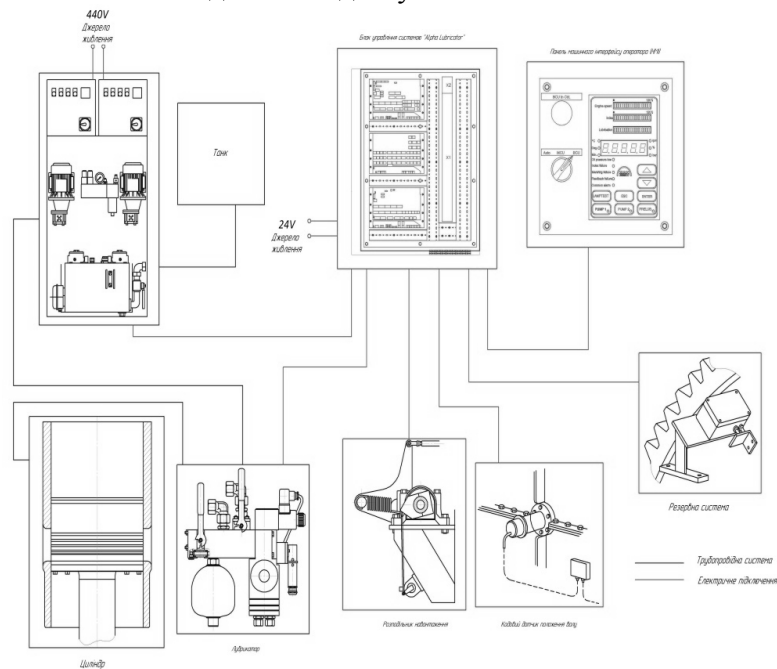


Рисунок 1 – Система циліндрового змащення Alpha Lubricator, що встановлена на головний дизельний двигун 6S70MC-C MAN B&W

Метою програми тестування є визначення рівня заощадження в споживанні циліндрового масла, використовуючи електронно-керовану систему Alpha Lubricator. Додаткова перевага полягає в тому, що така економія в споживанні масла зменшить вплив на навколишнє середовище від експлуатації суден з системою Alpha Lubricator System. Очікується також більш рівномірний та оптимальний рівень зносу циліндрів.

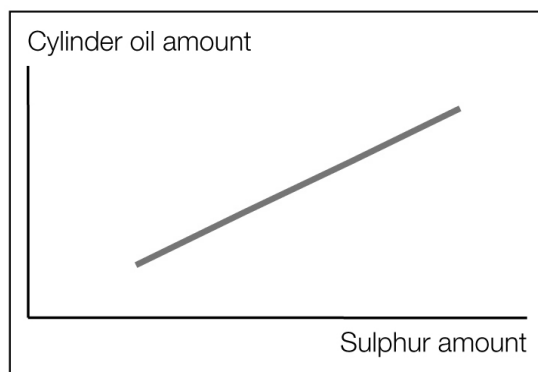


Рисунок 2 – Кількість циліндрового масла пропорційна кількості сірки, що надходить у циліндри (основний принцип Alpha ACC)

Принцип роботи Alpha ACC відображає рис. 2. Кількість масла циліндра регулюється так, щоб вона була пропорційна кількості сірки, що надходить у циліндр з паливом. Наступні два критерії визначають контроль:

– дозування циліндрового масла повинно бути пропорційним відсотку сірки в паливі;

– дозування циліндрового масла (тобто кількість палива, що надходить у циліндри) повинно бути пропорційним навантаженню двигуна.

Впровадження вищезазначених двох критеріїв призведе до оптимального дозування масла у циліндри, пропорційне кількості сірки, що надходить у циліндри.

Вищезазначений принцип ґрунтується на спостереженні, що основна частина зносу втулки циліндра носить корозійний характер, тому кількість нейтралізуючих лужних компонентів, необхідних для циліндра, повинна бути пропорційною до кількості сірки (яка утворює сірчані кислоти), що надходить у циліндри. Встановлено мінімальне дозування масла циліндра для обліку інших властивостей циліндрового масла (закріплення достатньої масляної плівки, мийних властивостей тощо). На рис. 3 показано контроль дозування циліндрового масла, пропорційний відсотку сірки в паливі. Мінімальна швидкість подачі від 0,5 г/(КВт·год). Це мінімальне значення є попереднім, зважаючи на ефективність змащення, досягнутого в системі Alpha Lubricator.

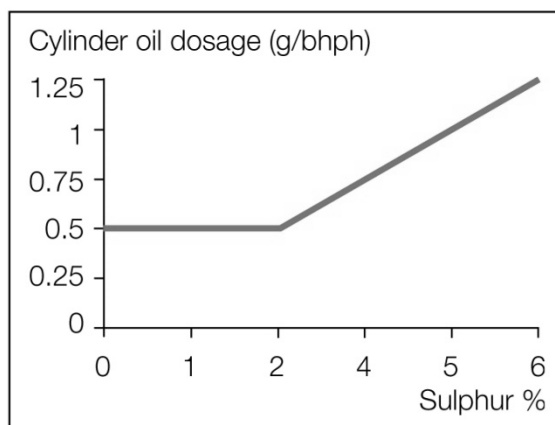


Рисунок 3 – Швидкість подачі циліндрового масла пропорційно відсотку вмісту сірки в паливі

Контроль згідно з рис. 3 базується на стандартному циліндровому маслі TBN 70-80. Для довгої експлуатації палива із вмістом сірки нижче 1% рекомендується переходити до циліндрового масла з нижчим TBN (тобто TBN 40...50 циліндрового масла). Вплив на навколишнє середовище чітко продемонстровано: власники, які хочуть працювати на «зеленому» паливі (малосірчасте паливо), одночасно матимуть можливість працювати з «зеленими» циліндровими маслами.

На рис. 4 описано контроль подачі циліндрового масла, пропорційний навантаженню двигуна.

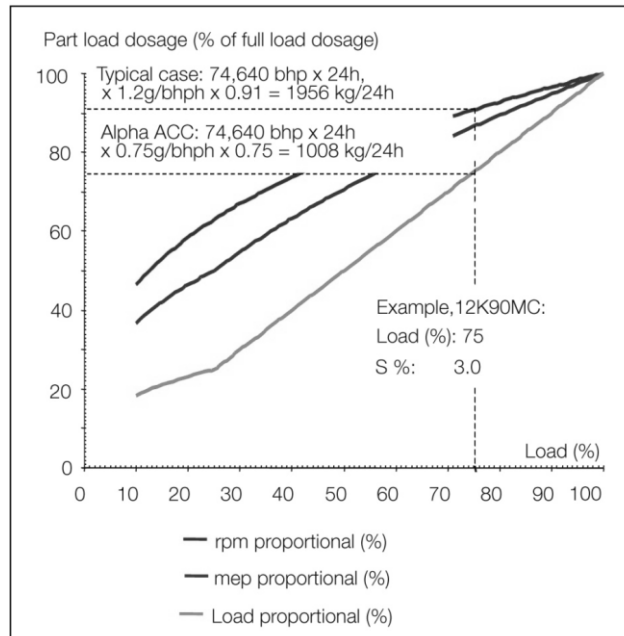


Рисунок 4 – Залежність подачі масла та навантаження двигуна

При частковому навантаженні зміна подачі масла пропорційно навантаженню знизить вплив на навколишнє середовище від надмірного змащення. Вище описана Alpha ACC, що реалізується з так званим «Алгоритмом сірки» (рис. 5), у системі Alpha Lubricator. У сучасній версії системи Alpha Lubricator екіпаж на борту судна вводить так зване «НМІ-налаштування», що базується на відсотках сірки використаного палива (рис. 5). Це виконується одним входом на панелі НМІ системи Alpha Lubricator кожного разу, коли змінюється специфікація палива.

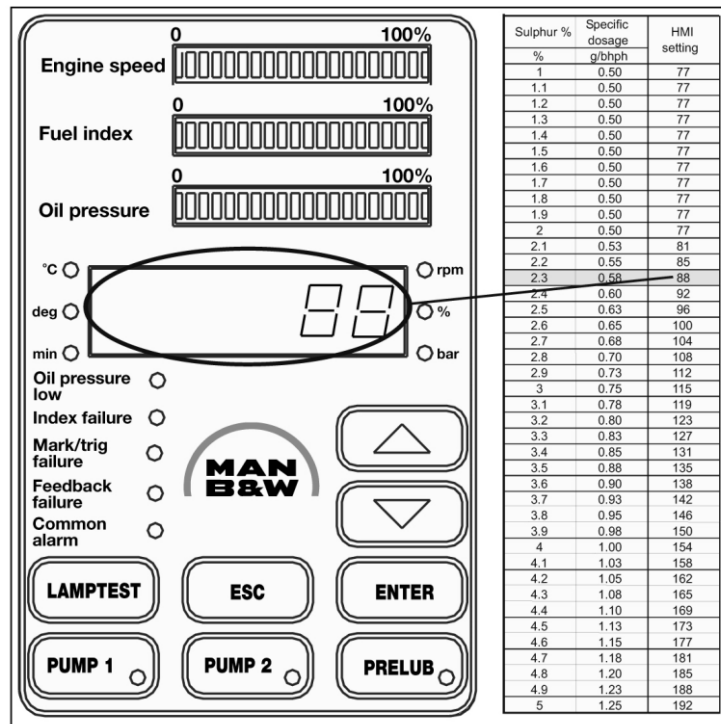


Рисунок 5 – «Алгоритм сірки» в системі Alpha Lubricator

Висновки. Попередні результати випробувань є дуже перспективними стосовно заощаджень на циліндровому маслі, впливаючи, зокрема, на викиди частинок та знос камери згоряння. Система Alpha ACC може бути реалізована для всіх двигунів MC/MC-C, оснащених системою Alpha Lubricator. Як модернізація суден, що експлуатуються, система Alpha Lubricator з Alpha ACC матиме термін окупності менше двох років у більшості типів двигунів MC/MC-C.

ЛІТЕРАТУРА

1. Instruction Manuals 6S70MC-C, 2000.
2. Service Letter SL2013-571/JAP. Cylinder Lubrication Update, 2013.
3. Instruction MAN B&W. Alpha Adaptive Cylinder-oil Control Alpha ACC.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В СУДОВЫХ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ

Горбов В.М., Митенкова В.С.

*Национальной университет кораблестроения им. адмирала Макарова
(Украина, м. Николаев)*

Введение. Новые требования ИМО, направленные на снижение содержания серы в морских топливах, вступили в действие 1 января 2020 г. С этого же времени актуализировался Этап 2 по ограничению эмиссии CO₂ с судов, как часть глобальной стратегии по снижению выбросов парниковых газов. Таким образом, в 2020 г. перед судостроителями и судовладельцами встала серьезная задача существенно снизить эмиссию сразу трех компонентов уходящих газов, нормируемых ИМО (в 2011 и 2016 гг. введены в действие ограничения по выбросам NO_x – Tier II и Tier III) [1].

Комплексным решением, обеспечивающим одновременное снижение всех нормируемых компонентов, является использование на судах альтернативных топлив (АТ) вместо традиционных нефтяных [2, 3]. Наиболее перспективным судовым альтернативным топливом (АТ) является сжиженный природный газ (СПГ), поскольку по состоянию на декабрь 2019 г. была подтверждена готовность 369 транспортных судов работать на этом топливе (исключая газозовы) и еще 141 судно строится [4].

Постановка задачи. Наряду с очевидными экологическими преимуществами от использования СПГ существует ряд проблемных вопросов при переводе судовых энергетических установок (СЭУ) на это топливо, которые следует решать, как при проектировании, так и при эксплуатации судов. К актуальным задачам, которые следует решать при эксплуатации транспортных судов (исключая газозовы), можно отнести и оценку скорости испарения СПГ в криогенных цистернах. Вследствие теплопритоков через внешнюю поверхность топливных танков часть СПГ испаряется, в результате чего увеличивается давление в самой цистерне, а испарившийся газ нужно периодически отбирать из цистерны. Количество газа, образовавшегося при испарении, а также необходимая частота отбора зависят от температуры хранения топлива и степени заполнения цистерны и меняется в течение рейса.

Анализ полученных результатов. Результаты оценки скорости испарения представлены ниже. Расчеты проводились на примере балкера Ilshin Green Iris дедвейтом 39600 т, построенного компанией Hyundai Mipo Dockyard Co., Ltd Ilshin Shipping в 2017 г. Судно оборудовано главным двухтопливным двигателем Hyundai MAN B&W 6G50ME-C9.5-GI мощностью 7250 кВт и тремя дизель-генераторами, два из которых Wartsila 6L20DF мощностью 1100 кВт каждый, также двухтопливные [5]. При расчетах было принято допущение, что природный газ состоит преимущественно из метана, поэтому все теплофизические характеристики принимались для этого газа, а не для смеси углеводородов [6].

Суточный объем испарившегося газа, образующегося вследствие теплопритоков через стенки, зависит от типа изоляции и давления хранения. Коэффициент теплопередачи, кДж/(м²·ч·°С), можно определить по формуле:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (1)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплопередачи от СПГ к стенке танка и через изоляцию, кДж/(м²·ч·°С), соответственно; δ_1 и δ_2 – толщина стенки танка и изоляции, м, соответственно; λ_1 и λ_2 – теплопроводность материала стенки и изоляции, кДж/(м·ч·°С), соответственно [7].

Теплоприток от окружающей среды к СПГ можно оценить по формуле, кДж/ч:

$$Q = kF(t_2 - t_1), \quad (2)$$

где F – площадь поверхности криогенных цистерн, м²; t_1 и t_2 – температуры окружающей среды и СПГ, °С, соответственно [7].

Суточную скорость испарения (BOR – boil-off rate) вследствие теплопритоков через стенки можно определить по формуле:

$$BOR = 24Q / R, \quad (3)$$

где R – удельная теплота испарения СПГ (зависит от давления), кДж/кг [8].

На примере балкера Pshin Green Iris также была рассчитана суточная скорость испарения в криогенных цилиндрических цистернах с разными типами изоляции при использовании СПГ в течение всего рейса (рис. 1а). Данные определялись при номинальном объеме без отборов топлива в начале рейса. Коэффициенты теплопередачи изоляционных материалов и их оптимальная толщина, исходя из минимизации теплопритоков, принимались по данным, представленным в работе [9]. Как видно из рис. 1а, оптимальное давление хранения СПГ, при котором количество образующегося испарившегося газа минимально, составляет 6-7 бар, что подтверждается и исследованиями, приведенными в [3]. В целом, же при изменении давления хранения величина BOR изменяется незначительно (0,022-0,026 % для разных типов теплоизоляции). Наименьшая скорость испарения будет при использовании танков с вакуумной изоляцией, на 13,5% и 15,5% меньше, чем для аэрогелевой и пенной изоляции, соответственно. Величина BOR для аэрогелевой изоляции на 2,3% меньше, чем для пенной.

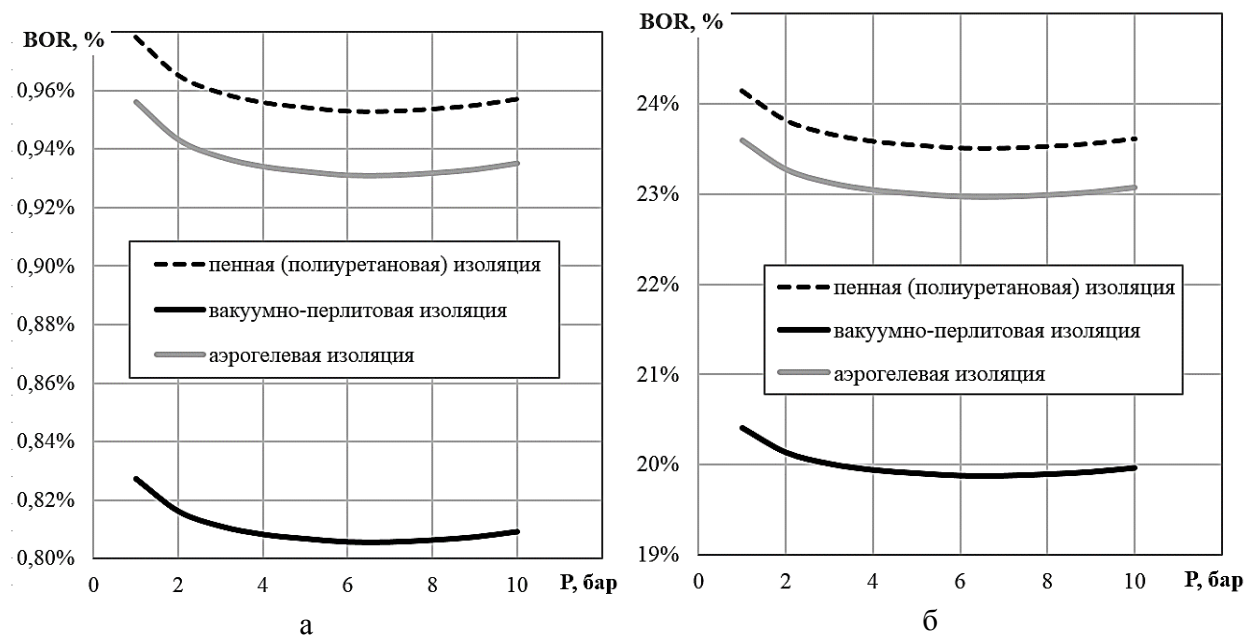


Рисунок 1 – Суточная скорость испарения СПГ в цистернах типа С в зависимости от давления: а – доля от суммарного объема топлива; б – доля от суточного потребления двигателями

Изменение скорости испарения и, как следствие, объема испарившегося газа как доли от суточного отбора на двигатели представлено на рис. 1б. Если рассматривать соотношение потребления СПГ, то на главный двигатель поступает 78,7% от общего объема, а на дизель-генераторы – 21,3%. Таким образом, как минимум в начале рейса вспомогательные двигатели можно полностью обеспечить топливом только за счет испарившегося газа без необходимости принудительной регазификации СПГ в испарителях, если установлены цистерны с пенной или аэрогелевой изоляцией. И на 93-96% – в случае с вакуумной изоляцией, а поскольку большую часть ходового времени

двигатели обычно работают на экономичном режиме, расход топлива на котором меньше номинального, то в независимости от типа изоляции, объема испарившегося топлива будет достаточно для дизель-генераторов.

В течение рейса при равномерном отборе топлива и уменьшении массы СПГ в цистерне относительное количество BOG по отношению к оставшемуся топливу будет возрастать. Характер такого изменения на примере балкера Ilshin Green Iris представлен на рис. 2. В течение 23 дней рейса BOR увеличится в 14,7 раз для танков с различными типами изоляции. При этом наиболее интенсивный рост будет наблюдаться в последние несколько дней.

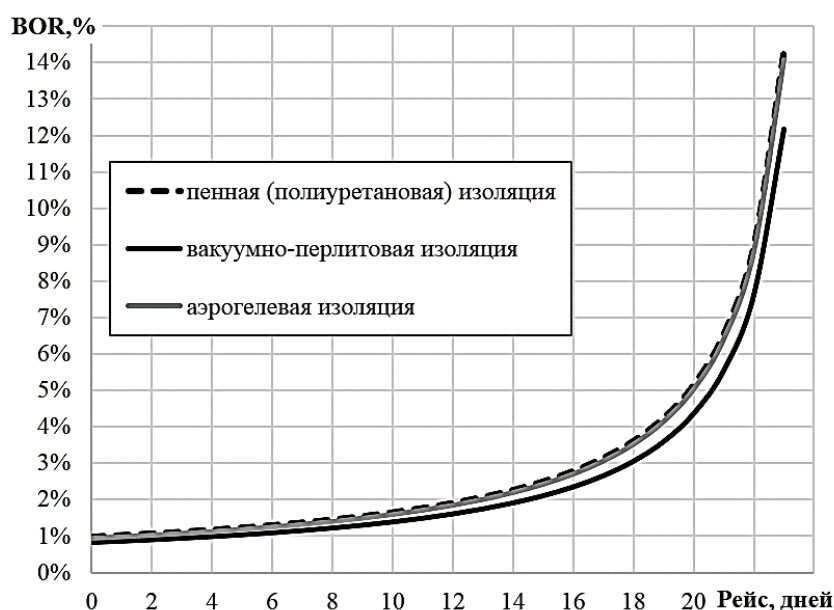


Рисунок 2 – Изменение суточной скорости испарения в криогенных цистернах в течение рейса (при давлении 1 бар)

Выводы. Давление хранения СПГ практически не влияет на количество образующегося в течение суток испарившегося газа, при этом наименьшая скорость испарения соответствует значению 6-7 бар. При выборе типа криогенных цистерн следует отдавать предпочтение емкостям с вакуумной изоляцией. В начале рейса вспомогательные двигатели можно полностью обеспечивать топливом только за счет испарившегося газа без необходимости принудительной регазификации СПГ в испарителях.

ЛИТЕРАТУРА

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. MEPC.245 (66) – 2014 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships.
3. Gorbov V. M., Mitienkova V. S., Serbin S. I. Alternative Fuels in Ship Power Plants: Monograph. – Mykolaiv: publisher Torubara V. V., 2017. – 120 p. – ISBN 978-617-7472-14-7.
4. Yoo SI. Global Status and Outlook of LNG Fuelled Ship & LNG Bunkering. International LNG Fuelled Ship & Bunkering Conference, December 2019.
5. Significant Ships 2017. – London: RINA, 2017.
6. Акулов Л.А. Борзенко Е.И., Зайцев А.В. Теплофизические свойства и фазовое равновесие криопродуктов: Справочник. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. – 567 с.

7. Будневич С.С., Холодковский С.В. Транспортирование и хранение сжиженных газов: учебное пособие. – Л.: Издательство Ленинградского технологического института холодильной промышленности, 1978. – 116 с.

8. Herdzik Jerzy. Methane slip during cargo operations on LNG carriers and LNG-fueled vessels // *New Trends in Production Engineering*. – 2018. – Volume 1. – Issue 1. – pp. 293-299.

9. Kraack M. LNG infrastructure and Shipbuilding. GO LNG –Final Conference to the SBSR Project “MarTechLNG”, 2015. – Mode of access: http://www.golng.eu/files/Main/final_conference/MTLNG%20Infrastructure%20and%20shipbuilding.pdf.

РАДІАЦІЙНИЙ МЕТОД МОДИФІКАЦІЇ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ДЛЯ ПОТРЕБ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Донець С.Є., Литвиненко В.В.

*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України
(Україна)*

Лонін Ю.Ф., Пономарьов А.Г., Уваров В.Т.

*ІНЦ Харківський фізико-технічний інститут НАН України
(Україна)*

Селіванов С.Є.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Одним з сучасних напрямів підвищення ефективності використання матеріалів в галузі транспортного машинобудування є застосування алюмінієвих сплавів як облицювальних, захисних та навантажених елементів конструкцій. Це обумовлено їх достатньо високим значенням співвідношення міцності до питомої ваги, пластичністю, корозійною стійкістю, значенням ударної в'язкості. Найбільш поширеним є їх використання в літакобудуванні, для чого було створено низку спеціальних сплавів [1,2]. Разом з тим, застосування сплавів на основі алюмінію становило інтерес для автобудівної галузі, а також для суднобудування [3], в останньому випадку особливо істотним є можливість зменшення ваги конструкцій порівняно з використанням сталі, стійкістю до обростання планктоном. В свою чергу різноманітність сплавів пояснюється намаганням створити найбільш пристосований матеріал до умов експлуатаційних навантажень, властивих певному виробу, що зазвичай досягається підбором компонентного складу сплаву та його подальшими технологічними операціями, прокаткою, термічною обробкою [4]. Серед сучасних методів одержання сплавів з покращеними властивостями є методи інтенсивної пластичної деформації [5,6], які полягають в подрібненні та примусовій орієнтації зерен внаслідок їх продавлювання під різними кутами через фільтри та здійснення кручиння. Окреме місце в одержанні матеріалів з заданими властивостями посідає напрямок, який передбачає створення комбінованої структури з наданням визначальної ролі поверхневим шарам матеріалу. Згідно концепції [7], тверде тіло, що деформується, являє собою багаторівневу систему, в якій поверхневий шар є самостійною підсистемою, яка одночасно перебуває в стані динамічного зв'язку з основним об'ємом матеріалу. Серед інструментів модифікації саме поверхневого шару доцільно розглядати такі, що забезпечують товщину модифікованого шару співвимірної з розмірами зони утворення нових фаз в матеріалі твердофазних перетворень. Серед засобів модифікуючого впливу видається перспективним застосування інтенсивних електронних пучків, оскільки для них є властивим унікальний ефект, який полягає в тому, що максимум поглинання енергії припадає на підповерхневі шари, розташовані на глибині приблизно третини максимального занурення пучка. Нами в роботі [8] було описано ефект збільшення значень видовження до руйнування в режимі надпластичної деформації сплаву Д16, опроміненого сильнострумовим релятивістським електронним пучком (СРЕП). Недоліком даного способу обробки було те, що поверхня зразка оплавлялась, 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

[9] на прикладі 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. Найбільш доречним способом усунення рельєфу нам видається застосування високотемпературної прокатки, що в певній мірі є частковою реалізацією методу, описаного в роботі [10], тобто становить інтерес з'ясувати особливості двостадійної обробка матеріалу, яка передбачає опромінення СРЕП з наступною прокаткою.

Матеріали та методика експерименту. Як матеріал для досліджень нами обрано один з найпоширеніших алюмінієвих сплавів Д16, який знаходить застосування в багатьох галузях транспортного машинобудування, його елементний склад (Al, 4,8% Cu, 1,5%, Mg, 0,8% Mn, домішки Fe та Si до 0,5%). Опромінення проводилось на прискорювачі електронів ННЦ ХФТІ ТЕМП-А з наступним параметрами електронного пучка: енергія електронів 350 кеВ, струм пучка 2 кА, тривалість фронту імпульсу 5 мкс, діаметр пучка 40 мм. Вакуум в камері дрейфу пучка становив 2×10^{-5} мм рт. ст. Операцію розміщення та вилучення зразків з зони опромінення здійснювали через вакуумний шлюз. Прокатку після опромінення проводили при температурі 250 К. Злами зразків аналізували на растровому електронному мікроскопі JEOL JSM – 840. Мікротвердість вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3. Рентгеноструктурний аналіз проводили на установці ДРОН-4.

Обговорення здобутих результатів. Застосування саме СРЕП для модифікації алюмінієвого сплаву та очікування від такого виду обробки нових технологічно перспективних результатів ґрунтується на механізмові впливу електронного пучка на матеріалі. Для цього впливу є характерною комплексність, яка полягає в тому, що поверхневий шар переоплавляється до переходу в газоплазмовий стан і відбувається абляційний викид речовини з частковою наступною конденсацією [11]. Більш глибокі шари матеріалу піддаються переоплаву, наступні за ними попадають в зону термічного впливу. Швидкості нагрівання охолодження становлять 10^8 К/Сек. Такі температурні градієнти зумовлюють виникнення зон розширення-стискання по глибині мішені, що в певних випадках проявляється в зміні значення густини дефектів [9] на глибинах, значно більших за глибину проникнення пучка. Такий режим обробки також сприяє диспергуванню фаз насичення, що повинно покращувати показники корозійної стійкості. Таке твердження ґрунтується на тому, що згідно роботи [3], додавання легуючих домішок, таких як Zr та Cr, не приводило до підвищення корозійної стійкості, поки не було застосовано термічну обробку. Окрім корозійної стійкості для алюмінієвих сплавів, важливим є їх здатність демпфувати ударні навантаження: це особливо є властивим для суднобудівного напрямку, оскільки особливості маневрування при заходженні в порти при різних умовах можуть бути пов'язані з ударними навантаженнями. Як нами вже зазначалося в роботі [12], комплексний механізм, що діє на матеріалі СРЕП, дозволяє розглядати його як засіб одержання ударно захисних поверхонь, оскільки модифікований шар має підвищені значення мікротвердості і при цьому між ним і основним матеріалом утворюється поруватий прошарок внаслідок ударно хвильових напружень, що виникають як результат термопружного ефекту [13] та реактивної віддачі внаслідок абляційного викиду речовини [14].

Такий комплекс механічних впливів накладається на умови одночасного руху фронту плавлення та наступної кристалізації, в результаті чого виникає певна анізотропія в орієнтації зерен. Нами в роботі [15] висловлювалось припущення, що подібна анізотропія сприятиме конвертації кінетичної енергії у власну внутрішню енергію деформації за дотичним напрямком до поверхні. Такий механізм деформації може розвиватись внаслідок вже згаданого підвищення пластичності модифікованого пучком шару, та більш високого значення мікротвердості. Модифікована пучком поверхня (верхня частина) істотно відрізняється від базового неопроміненого шару. Але поверхня, яка не була після опромінення оброблена механічно, має тріщинувату структуру, що з технологічної точки зору є неприйнятним. Після механічної прокатки спостерігаємо заліковування пор та тріщин, внаслідок завальцьовування та ущільнення при підвищеній температурі.

В обох випадках були виміряні значення мікротвердості на ділянках, які умовно називаємо базовою областю, перехідною або інтерфейсною областю, областю переплаву та перекоонденсованою областю [9]. Перекоонденсованою називаємо область, з якої відбувся абляційний викид розплавленої речовини з наступної зворотною конденсацією. Для області переплаву характерною є кристалізація, що відбувалась в умовах дії акустичних коливань. Модифікуюча дія пучка здатна спричинити суттєве підвищення мікротвердості, що пояснюється подрібненням структури зерен, скупченням в середині зерен дислокацій. Більш наочно це можна побачити на характері зламу матеріалу. Для інтерфейсної області властиве найменше значення мікротвердості, що пояснюється тим, що вона є перехідною, містить пори, разом з тим здатна виступати саме тим демпфером, який розподіляє поле ударних механічних напружень. Базова область має характерне значення мікротвердості з невеликим збільшенням її значення після прокатки внаслідок нагартування. Для неї характерний в'язкий характер зламу. Область переплаву має суттєво більші значення мікротвердості, її зерна розташовані перпендикулярно поверхні, а характер зламу був крихким і відбувався по межах зерен. Найбільші показники мікротвердості показала область перекоонденсації, для неї характерний крихкий злам по тілу зерен. Ефекти підвищення мікротвердості ймовірно зумовлені ефектом нагартування а також перерозподілом легуючих елементів та утворенням нових фаз. В необробленому зразку засобами рентгено-дифракційного аналізу виявлено тільки лінії алюмінію, тоді як на модифікованій поверхні ідентифікуються дві лінії, які відповідають сполукам міді. Спостерігається також незначне збільшення параметра решітки алюмінію, яке може свідчити про формування твердого розчину заміщення. Основна відмінність модифікованої поверхні полягає у звуженні на півширини ліній, що можна пояснити удосконаленням структури внаслідок термічного впливу вивільнення енергії внутрішніх напружень, що формується внаслідок опромінення [16] та дії імпульсів підвищеного тиску.

В режимі такої обробки матеріалу можна очікувати більш інтенсивного перерозподілу сполук міді та алюмінію, оскільки матеріал перебуває певний час в нерівноважному метастабільному стані, коли підвищується взаєморозчинність цих елементів [17]. Доведення спостережуваних ефектів до технологічної реалізації передбачає необхідність низки технічних рішень. Наступною проблемою є те, що генерація імпульсів електронного випромінювання супроводжується виходом гальмівного випромінювання. Для захисту вимірювальних приладів та електроніки можна застосовувати металополімерні матеріали [18-19]. Діагностика первинних стадій радіаційних перетворень може здійснюватись з застосуванням еліпсометрії [20]

Висновки. Запропонований в роботі підхід до модифікації поверхневих властивостей алюмінієвого сплаву обробкою сильнострумовим релятивістським електронним пучком, з наступною механічною прокаткою при підвищеній температурі, дозволяє усунути недоліку виникнення шорсткості поверхні внаслідок опромінення. Саме це є одним зі стримуючих факторів проти застосування даних пучків в прикладних цілях, адже одержання модифікованого шару в металах на глибину 100-300 мкм видається вельми перспективним. Стосовно алюмінієвих сплавів механічна прокатка виконує важливу функцію ущільнення матеріалу та завальцьовування пор і тріщин, що дозволяє одержувати технологічно придатну поверхню з покращеними експлуатаційними властивостями.

Робота виконана за підтримки державної бюджетної програми “Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень ” (код бюджетної програми 6541230).

ЛІТЕРАТУРА

1. История авиационного материаловедения: ВИАМ — 75 лет поиска, творчества, открытий / под общ. ред. Е.Н. Каблова; ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов». — М.: Наука, 2007. 343 с.
2. Фридляндер И.Н. Алюминиевые сплавы в авиаракетной и ядерной технике / И.Н. Фридляндер // Вестник РАН. М. - 2004. - том 74. - №12. - с. 1076, 1081.

3. W. Jurczak / Study of the corrosion resistance of ship aluminum alloys // Scientific journal of Polish Naval Academy.- 2016 (LVII) 3 (206).- p.37-65.
4. Бондарев Б.И. Модифицирование алюминиевых сплавов / Б.И. Бондарев, В.И. Напалков, В.И. Тарарышкин. -М.: Металлургия, 1979.-223 с.
5. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос. 2000. 272 с.
6. B. Rakhadilov, G. Uazyrkhanova, A. Myakinin, Z. Uazyrkhanova / Effect of Intensive Plastic Deformation on Microstructure and Mechanical Properties of Aluminum Alloys // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 142 (2016) 012035.
7. V.E. Panin, A.V. Panin / Effect of the surface layer in a solid under deformation // Physical Mezomechanics.-v.8.- № 5.-2005ю-зю7-15.
8. V.V. Bryukhovetskij, V.V. Litvinenko, V.F. Klepikov, R.I. Kuznetsova, V.F. Kivshik, V.P. Pojda, V.T. Uvarov / Effect of the pulsed electron irradiation on superplasticity properties of duraluminium // Fizika i Khimiya Obrabotki Materialov, 2002 (4), p. 33-38.
9. A.G. Kobets, P.R. Horodek, Yu. F. Lonin, V.V. Lytvynenko, A. G. Ponomarev, O.A. Startsev, V.T. Uvarov / Melting effect on high current electron beam on aluminum alloy 1933 // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, vol. 51.- № 5.-2015.- pp. 478-482.
10. 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.
11. V.V. Uvarov et al. / The dynamics of the gas – plasma torch induced by the high current REB on solid state targets // Problems of atomic science and technology. Ser. Plasm. phys. № 1(59) -is.15.-2009.- p.119-121.
12. В.И. Бойко, А.Н. Валяев, А.Д. Погребняк / Модификация металлических материалов импульсными мощными пучками частиц // УФН.-т.169.-№11.-1999.-с.1243-1271
13. В.Д. Воловик, В.Т. Лазурик-Эльцуфин / Акустический эффект пучков заряженных частиц в металлах // Физика твердого тела.-т 15 вып. 8.-1973.-с. 2305-2307
14. Бацанов С.С., Демидов Б.А., Рудаков Л.И., Использование сильноточного РЭП для осуществления структурных превращений. / Письма в ЖЭТФ. 1979, Т.30, В.9, С.611-613
15. В.В. Уваров, В.Ф. Клепиков, В.В. Литвиненко, А.Г. Пономарев, В.И. Шеремет / Модификация свойств поверхностных слоев сталей и сплавов сильноточным РЭП микросекундной длительности // Вопросы атомной науки и техники.-2003.-№6(83).-с.120-123
16. V.T. Uvarov et al Radiation acoustic control over the thermal parameter of construction materials irradiated by intense relativistic electron beam // Phys. of Part. and Nucl. Latter. 2014, v.11, №.3, p. 274-281.
17. S.Ye. Donets et al. / Modification of the aluminum alloy by the radiation and mechanical treatment // Problems of atomic science and technology.-№ 1 (125).-2020.- p. 109-113
18. E.M. Prokhorenko et al. / Metal containing composition materials for radiation protection // Problems of atomic Science and Technology.- №4(92).-2014.- p.125-129
19. E.M. Prokhorenko et. al / Improvement of characteristics of composite materials for radiation biological protection // Problems of atomic Science and Technology.- ser. Nucl. Phys. Inv.(61).- №6(88).-2013.- p.240-243.
20. А.И. Беляева и др. / Спектральный эллипсометрический комплекс для диагностики радиационных повреждений в металлах и сплавах // Вопросы атомной науки и техники сер. ФРПМ.-№2 (60).-2009.- с.191-197.

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОБУДОВИ КОМПОЗИТНИХ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ НАБОРУ У ПОНТОНІ

Кириченко К.В.

*Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Постійні потреби світового судноплавства в судноремонті, обстеженні та контролі стану суден, технічному обслуговуванні їх підводної частини обумовлюють підвищений попит на плавучі доки, виробництво яких стає предметом вигідного бізнесу [1]. Для цього необхідно проводити рентабельну і конкурентоспроможну продукцію, що відповідає світовим вимогам якості в умовах інноваційного розвитку суднобудування. Невід'ємними складовими розвитку докобудування є створення і випуск продукції при постійному пошуку нових прогресивних технічних рішень і технологій її виробництва. Великим попитом користуються композитні доки, виготовлені частково із залізобетонних, а частково з металевих конструкцій. Як правило, з залізобетону виготовляють понтон, а повністю металевими роблять бокові вежі [2].

Актуальність досліджень. Останнім часом в практиці проектування морських транспортних засобів намітилася тенденція зростання вимог до економічного обґрунтування новостворених проектів транспортних засобів.

Постановка задачі. Для адекватної оцінки економічної ефективності необхідно розробити рекомендації щодо вибору розрахункових залежностей, які враховують специфіку композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні. З метою уніфікації насичення доків системами і обладнанням прийнято ідентичним, при цьому розглядаються тільки ті показники, які в значній мірі впливають на собівартість їх будівництва і експлуатації. До таких показників відносяться: при побудові – витрати на сировину і матеріали; трудомісткість побудови; капітальні вкладення в виробничі фонди.

Результати досліджень. В конструкції композитного доку, що розглядається у статті, арматура, яка працює на місцеву міцність, встановлюється зовні в напрямку найменшого прольоту, а арматура, що працює на загальну міцність, встановлюється всередині елемента конструкції понтона. Поперечні перегородки між внутрішніми бортами встановлюються через 4 шпації, тобто через 3 метри, а в конструкції понтона під баштами не встановлюються шпангоути, флори та бімси [3].

Економічний ефект E_p , що одержується при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні визначається за формулою

$$E_p = C_u^k - (C_j^{3M} \Delta K),$$

де C_u^k – собівартість побудови традиційної конструкції композитного доку, тис. грн.;

C_j^{3M} – собівартість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.;

ΔK – приріст капіталовкладень у виробничі фонди при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні.

Собівартість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні C_j^{3K} визначається за формулою

$$C_j^{3K} = \Sigma Z_u + \Sigma Z_i,$$

де ΣZ_u – статті калькуляції, що залишилися незмінними при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.;

ΣZ_j – статті калькуляції, що змінюються при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.;

При розрахунку матеріальних витрат на побудову корпусів композитного доку традиційної конструкції та композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні прийняті середньостатистичні витрати на виготовлення 1 тонни суднової металоконструкції:

- зварювальні матеріали: для сталевого прокату – 5%, для арматурної сталі – 2%;
- технологічні гази: вуглекислота – 10% (для сталевого прокату), – 2% (для арматури);
- кисень: - 3,6% (для сталевого прокату), – 1,75% (для арматури);
- пропан-бутан: - 0,9% (для сталевого прокату), – 0,67% (для арматури).

Розрахунок окремих статей витрат що змінюються:

Витрати на матеріали при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні Z_j^{3k} визначаються за формулою

$$Z_j^{3k} = \Sigma Z_k^{3k},$$

де Z_k^{3k} – матеріальні витрати на побудову композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.

Співвідношення листового і профільного прокату прийнято на основі даних про матеріальні витрати на існуючих доках – 55% і 45% відповідно.

Витрати на основну заробітну плату при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{озп}$ визначаються за формулою

$$Z_j^{озп} = T_j \cdot N,$$

де T_j – трудомісткість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, норма-година; N – вартість 1 норма-години, грн.

Витрати на додаткову заробітну плату при будівництві композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{дозп}$ визначаються за формулою

$$Z_j^{дозп} = Z_j^{озп} \cdot Q_{дозп},$$

де $Q_{дозп}$ – відношення витрат на додаткову заробітну плату до основної заробітної плати, %.

Витрати за статтею «Нарахування на заробітну плату» при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{соц}$ визначаються за формулою

$$Z_j^{соц} = (Z_j^{озп} + Z_j^{дозп}) \cdot Q_{соц},$$

де $Q_{соц}$ – відношення витрат за статтею «Нарахування на заробітну плату» до основної та додаткової заробітної плати, %.

Загальновиробничі витрати при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{зв}$ визначаються за формулою

$$Z_j^{зв} = Z_j^{соц} \cdot Q_{зв},$$

де $Q_{зв}$ – відношення загальновиробничих витрат до основної заробітної плати, %.

Адміністративні витрати і витрати на збут $Z_j^{ад.зб}$ при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні визначаються за формулою

$$Z_{ад.зб.} = Z_j^{зв} \cdot Q_{ад.зб.},$$

де $Q_{ад.зб.}$ – відношення адміністративних витрат і витрат на збут до основної заробітної плати, %.

Проведені розрахунки по запропонованим залежностям показали, що впровадження конструкції композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні дає змогу знизити собівартість побудови до 4% у порівнянні з аналогічною конструкцією композитного доку.

Висновки. Розроблені рекомендації щодо вибору розрахункових залежностей, які враховують специфіку композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні. Результати розрахунку за представленими залежностями дозволяють стверджувати, що впровадження розробленої конструкції понтону доку та технологія побудови композитних плавучих доків дає змогу знизити витрати до 4%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашковский, А.С., Слущкий Н.Г., Коннов В.Н., Щедролосев А.В., Узлов А.Н.. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы: монография. – Николаев : РАЛ-полиграфия, 2008. – 614 с.
2. Щедролосев О. В., Яглицький Ю. К. Кириченко К. В. Major ways to improve the design and technology of composite dock building. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». (23-24 травня 2019 р.) – Миколаїв: НУК, 2019. – С. 116-120.
3. Кириченко К.В., Щедролосев А.В. Усовершенствование технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы. Science and Education a New Dimension: – Будапешт, 2018, Вып. 158 – С. 61–68.

ДИАФРАГМЕННИЙ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ АКТИВАТОР

Кияновський О.М.

*Херсонський державний аграрно-економічний університет
(Україна)*

Вступ. Електрохімічні процеси широко використовуються, в першу чергу, в промисловості. Завдання електрохімічної промисловості різноманітні.

Можна виділити найбільш важливі:

- отримання кольорових металів з руд;
- рафінування кольорових і благородних металів;
- отримання лужних, лужноземельних та інших легких металів;
- отримання водню, кисню, хлору і лугів;
- електрохімічний синтез неорганічних і органічних речовин;
- антикорозійне і декоративне покриття металів;
- виготовлення електричних акумуляторів, гальванічних елементів і інших хімічних джерел струму;
- електрохімічна розмірна обробка металів і сплавів.

Практично всі розчини електролітів, які використовуються в процесах прикладної електрохімії, мають високу концентрацію та низький питомий електричний опір, що пов'язано з вимогами мінімізації витрат електроенергії.

Довгий час вважалося, що електричний вплив на воду та слабомінералізовані водні розчини неефективний через малий вміст іонів.

Однак виявилось, що електрохімічна активація таких водних розчинів дозволяє створити технології отримання та застосування метастабільних речовин замість традиційних хімічних реагентів, що дозволяють в десятки разів знизити витрату хімічних реагентів або навіть повністю виключити їх використання.

В результаті електрохімічної активації вода переходить в метастабільний активований стан, проявляючи при цьому протягом декількох десятків годин підвищену реакційну здатність в різних фізико-хімічних процесах.

Для активованих розчинів характерна висока окислювальна, відновлювальна і каталітична активність поряд з непропорційно малим вмістом діючих речовин [1-4].

Це докорінно відрізняє активовані розчини від відповідних традиційних хімічних речовин.

Вода, активована біля катода (католіт), має підвищену активність електронів та яскраво виражені властивості відновника. Навпаки, вода, активована біля анода (аноліт), характеризується зниженою активністю електронів і проявляє властивості окислювача.

Особливими перевагами електрохімічної активації водних розчинів є те, що вона дозволяє в достатньо широких межах коригувати значення водневого показника рН і окислювально-відновного потенціалу E_h , від яких залежать можливості протікання різних фізико-хімічних процесів у водних розчинах [2].

Електрохімічна активація здатна цілеспрямовано змінювати кислотно-основні та окисно-відновні властивості води в межах набагато більших, ніж при еквівалентному хімічному регулюванні.

Католіт має антиоксидантні та імуностимулюючі властивості.

Аноліт має антисептичні, антиалергічні, протизапальні властивості.

При певних значеннях рН та E_h аноліт пригнічує патогенну флору, залишаючи неушкодженою корисну флору. Тому великий інтерес представляють дослідження та практичне застосування електрохімічних активованих розчинів в медицині («жива» та «мертва» вода!), в сільському господарстві [1, 3-6].

Важливо, що продукти реакцій, отримані із застосуванням електрохімічних активованих розчинів, не схильні до процесів релаксації, тобто не змінюють своїх властивостей та станів у часі.

Це використовується, наприклад, в процесах очищення та знезараження води, перетворення води та розбавлених розчинів електролітів в чисті антимікробні, миючі та інші розчини, в тому числі й лікувальні.

Електрохімічна активація води і водних розчинів має економічні та екологічні переваги перед традиційно використовуваними хімічними реагентами при застосуванні в промисловості, сільському господарстві, медицині та інших областях людської діяльності.

Актуальність досліджень. На жаль, реалізація унікальних можливостей електрохімічної активації води в багатьох випадках утруднена через відсутність активаторів з необхідними параметрами.

Наприклад, в сільському господарстві, в першу чергу, в фермерських господарствах, за допомогою активованих водних розчинів можна проводити [3-7]:

- знезараження і збільшення часу збереження рослинної та тваринної сировини - зелені, ягід, плодів, м'яса, риби та ін.;
- знезараження питної, промислової, стічної вод;
- обробку насіння, розсади, рослин в теплицях для боротьби з мікроорганізмами та ін.;
- підвищення ефективності рідких мінеральних комплексних добрив та ін.;
- лікування та профілактику ранових поверхонь, вимені корів та ін.

Але промисловість випускає побутові активатори з малим об'ємом електроліту (до 1л), в яких відсутня можливість зміни струму активації, що дозволяє отримати необхідні рН та Eh аноліта і католіта.

Активатори, які використовуються в промисловості, специфічні та розраховані на дуже великі обсяги електроліту [8, 9].

Постановка задачі. Для використання електрохімічно активованої води в різноманітних технологіях необхідний активатор, що заповнює нішу між побутовими та промисловими установками [9].

Доцільна двокамерна ванна електролізера, розрахована на отримання до 100л аноліта та католіта; бажана можливість зміни обсягу ванни та співвідношення обсягів аноліта і католіта.

Необхідні значення рН та Eh аноліта і католіта зручно задавати регулюванням струму активації.

Конструкція повинна забезпечити безпеку експлуатації установки.

Результати досліджень. Сконструйований пристрій для електрохімічної активації води (водних розчинів) складається з двох блоків - апарату управління (рис. 1) та електролізера (рис. 2).

Максимальний об'єм ванни електролізера 100л, об'єм активованої води довільний, від бл до 100л.

Напівпроникна мембрана розділяє ванну на катодну та анодну камери. Перестановкою мембрани можна змінювати співвідношення обсягів католіта та аноліта.

Мембрана виготовлена з стійкої до хімічної дії склотканини. Щоб уникнути ураження електричним струмом, корпус ванни та усі деталі електролізера виготовлені з діелектричних матеріалів, метали не використовуються.

На днищі розташовані два пластмасових крани для роздільного зливу аноліта та католіта з ванни.

Оскільки при електролізі води виділяється водень, то на верхній кришці електролізера розташовані два малогабаритні вентилятори, що перешкоджають утворенню «гримучого» газу.

Крім того, на кришці розміщені «миготливі» червоні світлодіоди, що попереджають про подачу небезпечної високої напруги на електроди.



Рисунок 1 – Блок управління процесом електрохімічної активації води

До верхньої кришки прикріплені електроди, зроблені, як і елементи їх кріплення, з стійкої до корозії харчової нержавіючої сталі.

При розрахунку площі пластин електродів та часу активації виходимо з того, що для активації одного літра води в середньому необхідний заряд 700Кл, а сила струму не повинна перевищувати 17-18А (визначається можливостями мережі).



Рисунок 2 – Ванна електролізера

Час активації залежить від вибору об'єму води, значень рН та E_h , сили струму.

При питомому заряді $700 \frac{\text{Кл}}{\text{літр}}$, струмі 15А та об'ємі 100л води час активації становить 78 хвилин.

У блоці управління змінний струм напругою 220В через автомати - запобіжники подається на регулятор потужності, далі на випрямляч і потім на електроди.

Регулятор потужності, виконаний на сімісторах, дозволяє змінювати силу струму, споживаного електролізером, від 0 до 20А.

Вимірюється струм амперметром, напруга мережі - електронним вольтметром.

Живлення вентиляторів та світлодіодів здійснюється за допомогою трансформатора (напруга 12В). Індикатор - світлодіод, що сигналізує про аварійну ситуацію - зупинку

вентиляторів, починає світитися при перегоранні запобіжника в первинній мережі трансформатора.

Розташування приладів на передній панелі апарату показано на рис.1.

Висновки. Проведені випробування показали, що пристрій успішно забезпечує електрохімічну активацію водних розчинів.

Зокрема, при активації 100л водопровідної води струмом 15А протягом 1 години 20 хвилин отримані наступні параметри аноліта та католіта:

Аноліт: рН = 2,8; Eh = +600 мВ.

Католіт: рН = 10,4; Eh = - 550 мВ.

Пристрій забезпечує безпеку персоналу в період експлуатації при дотриманні правил техніки безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прилуцкий В.И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир – М.: ВНИИИМТ, 1997. – 228 с.
2. Петрушанко И.Ю. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере / И.Ю. Петрушанко, В.И. Лобышев // Биофизика, 2004. – Т.49. – Вып. 1. – С.22-31.
3. Леонов Б.И. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды / Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 244 с.
4. Голохваст К.С., Рыжаков Д.С., Чайка В.В., Гульков А.Н. Перспективы использования электрохимической активации растворов // Вода: химия и экология. – 2011. - №2. – С. 23-30.
5. Бахир В.М. Дезинфекция: проблемы и решения / В.М. Бахир, Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, Н.Ю. Шамовская // Вестник новых медицинских технологий, 2003. - №4. – С.78-80.
6. Ашбах Д.С. Живая вода против свободных радикалов и старения. СПб.: Изд-во Питер, 2009. – 256 с.
7. Шрамко Г.А. Совершенствование технологии некорневой подкормки озимой пшеницы с применением электрохимически активированной воды / Г.А. Шрамко, Э.А. Александрова, Г.В. Князева // Научный журнал Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2011. - №6(33). – С.69-72.
8. Красавцев Б.Е., Цатурян А.С., Симкин В.Б., Александров Б.Л., Александрова Э.А. Промышленная установка для электрохимической активации воды // Научный журнал КубГАУ, №110(06), 2015.
9. <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/53.pdf>.
10. Кияновський О.М., Яковлев О.В. Пристрій для електрохімічної активації води. Патент на корисну модель №127871, 2018 р.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА

Костенко А.А., Головань А.И.

Одесский национальный морской университет

(Украина)

Ранние модели систем каталитического восстановления (SCR), использующие раствор мочевины (DEF) в качестве восстановителя, работали по принципу управления без обратной связи (Рис. 1).

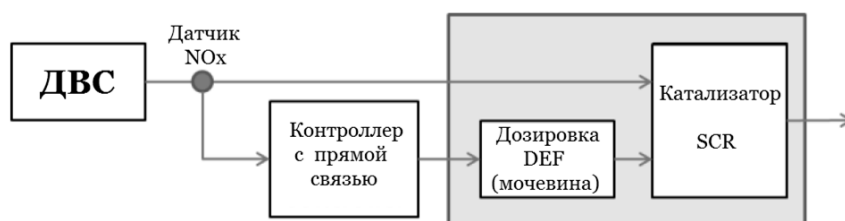


Рисунок 1 – Модель управления без обратной связи

Такая модель достаточно простая и основывается на расчете концентрации оксидов азота (NO_x) на выходе из двигателя, в последствии чего, инжектор подаёт необходимое количество раствора мочевины (DEF) в выхлопные газы. Недостатком такой системы является невозможность компенсации ошибки. В последствии, в катализаторе накапливается избыточный аммиак (NH_3), что приведёт к его проскальзыванию (ammonia slip), либо недостаток NH_3 приведет к увеличению концентрации NO_x . [1] Данная схема исполнения контроля SCR не соответствует требованиям выдвигаемыми Международной Морской Организации (ИМО). [2]

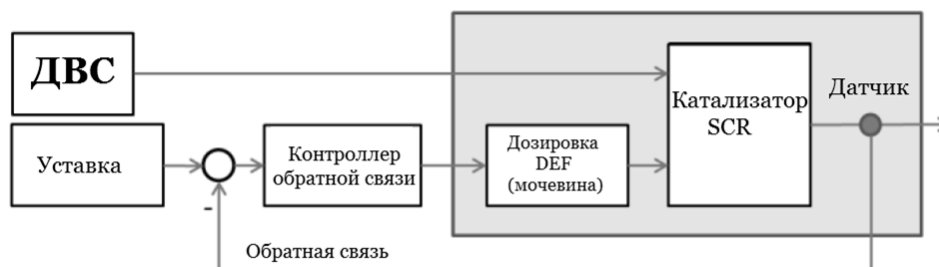


Рисунок 2 – Модель управления с обратной связью

Более оптимальной является система на основе метода PID (Рис.2). При таком исполнении количество подаваемого раствора мочевины DEF зависит от обратной связи. В схеме используется пара датчик/актуатор, которая обеспечивает подачу NH_3 в зависимости от концентрации NO_x на выходе из катализатора. Поскольку датчик расположен за катализатором, то проскальзывание NH_3 или выхлопных газов с высоким содержанием оксидов азота неизбежно. Что также не удовлетворяет экологическим требованиям. [2]

Чтобы избежать загрязнения окружающей среды и соответствовать современным требованиям ИМО, следует рассматривать более оптимальные модели контроля SCR. Чрезвычайно важно, чтобы оптимальная модель могла обеспечить уровень выбросов (NO_x и NH_3) ниже допустимого, но также необходимо избегать повреждения системы из-за отложений или чрезмерных температур.

Задачей предыдущих десятилетий в области разработки двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на морском транспорте, является одновременное снижение расхода топлива и эмиссии выхлопных газов. Преобразование высоких значений NO_x , характерных для эффективного цикла ДВС, с поддержанием допустимого проскальзывания аммиака, возможно только при раздельном контроле ДВС и SCR. Раньше, разделение контроля ДВС и SCR было оптимальным решением. Системы строились на базовых принципах управления и состояли из большого количество актуаторов, сенсоров и подсистем. Такая компоновка системы была сложной с точки зрения настройки и оптимизации и уже не является актуальной. В наши дни, в силу развития и доступности цифровых технологий, наиболее привлекательной выглядит интегрированная модель управления (Рис.3). Особенностью данной системы является объединение двигателя и SCR в единую установку.

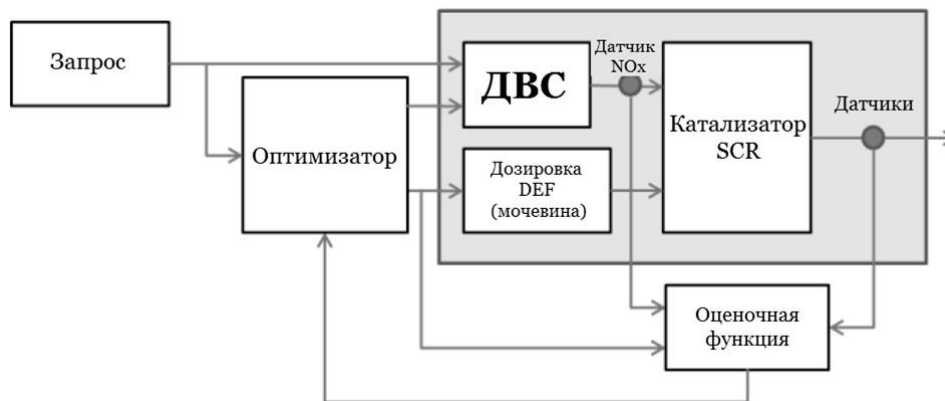


Рисунок 3 – Интегрированная система контроля SCR

Интегрированные системы контроля SCR находятся в стадии разработки и имеют большой потенциал. Безусловным достоинством интегрированной системы является её универсальность. Помимо функций контроля вредных выбросов, модель системы можно адаптировать под разные регионы эксплуатации и разработать возможность дистанционного мониторинга и передачи данных. [5]

ЛИТЕРАТУРА

1. Frank Willems, Robert Cloudt, Edwin Van Den Eijnden, et al. , "Is Closed Loop SCR Control Required to Meet Future Emission Targets?", SAE Technical Paper 2007-01-1574, 2007.
2. RESOLUTION MEPC.291(71) (adopted on 7 July 2017).
3. Song Q. and Zhu G., "Model-Based, Closed-Loop Control of Urea SCR Exhaust Aftertreatment System for Diesel Engine,"(2002-01-0287), 2002.
4. Claes Ericson, Björn Westerberg, Ingemar Odenbrand and Rolf Egnell. , "Characterisation and Model Based Optimization of a Complete Diesel Engine/SCR System", SAE Technical Paper 2009-01-0896, 2009, doi:10.4271/2009-01.
5. Golovan et al.: Aspects of Remote Monitoring of the Transport Vessel Under Operating Conditions. ICTE ToL 2019, LNITI, pp. 295–301, 2020. doi:10.1007/978-3-030-39688-6_37.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ

Корж А.К.

*Морской колледж ХДМА
(Украина)*

Техника безопасности изучает опасные факторы производственной среды и вероятностную возможность их проявления, исследует и разрабатывает организационные мероприятия и технические средства, исключая опасные производственные факторы или предупреждающие об их появлении.

Важным условием безопасности является применение надежных способов защиты в составе средств механизации, автоматизации и дистанционного управления. Оборудование должно удовлетворять требованиям безопасности в течение всего срока службы.

Безопасность производственного оборудования - его свойство сохранять соответствие требованиям безопасности труда при выполнении заданных функций в условиях, установленных нормативно-технической документацией (ГОСТ 12.3.002-75ССТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.2.003-91ССТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»).

Безопасность производственного процесса обеспечивается безопасностью оборудования, нормальными санитарно-гигиеническими показателями производственной среды, учетом физических и психофизиологических возможностей работающих и их обученностью, а также культурой производства.

Условия труда определяются комплексом факторов, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье человека в процессе его трудовой деятельности.

Трудовым законодательством предусмотрено, что администрация предприятий обязана обеспечить трудящимся здоровые и безопасные условия труда. Это одна из важнейших задач и обязанностей администрации.

Разработка организационных мер защиты от опасных производственных факторов начинается с создания нормативных документов (правил, инструкций), наличие которых на предприятиях предусмотрено законом. Основными нормативными документами по обучению вопросам охраны труда и обеспечению безопасности труда моряков являются: «Типовое положение об обучении по вопросам охраны труда» (ДНАОП 0.00.4.12-99);

«Правила техники безопасности на судах морского флота» (РД 31.81.10-75), (НАОП 5.1.21-1.01-76);

«Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море. (International Convention for the Safety of Life at Sea. SOLAS-74)». Принята Украиной 25 мая 1980 года ;

«Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения. МКУБ International Safety Management ISM - Code). Принят на конференции ИМО, состоявшейся в мае 1994 года в Лондоне в качестве дополнения (гл. IX) к SOLAS-74;

«Международная Конвенция по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты. ПДНВ-78/95» (STCW – Code 95)

Однако само наличие инструкций и другой нормативной документации по технике безопасности без тщательного изучения и организации контроля знаний работающих не может обеспечить безопасность труда на производстве. Поэтому вышеперечисленные документы обязывают администрацию судоходных компаний проводить инструктаж и регулярное обучение работающих в судоходных компаниях безопасным приемам работы. Все морские учебные заведения должны пройти сертификацию на соответствие Конвенции ПДНВ-78/95. Комитет по безопасности мореплавания после анализа поступившей информации от аудиторов ИМО создает так называемый «Белый список» стран, которые

полностью отвечают требованиям Конвенции ПДНВ-78/95. Украина в 2001 году вошла в этот «Белый список». Это означает, что все моряки государства, состоящего в этом списке, должны обучаться по программам, соответствующим новым стандартам (ПДНВ- 78/95).

Таким образом, следующим этапом организации безопасности труда на судах является обучение членов экипажей безопасным приемам работы и проверка их знаний в соответствии с требованиями Международных конвенций. Ответственность за своевременное и качественное проведение инструктажей, обучение членов судовых команд и допуск их к самостоятельному производству работ возлагается на капитанов, старших помощников капитанов и старших механиков судов.

Инструктаж и обучение безопасным приемам работы обязательны для всех работающих и вновь поступающих на суда.

Организационное обеспечение безопасности складывается из комплекса мероприятий, связанных с предварительной подготовкой к проведению работ, с надзором за их выполнением, а также с пропагандой безопасных и безаварийных методов труда. Предварительная подготовка судовых работ включает в себя обеспечение членов судовых команд четким заданием и соответствующим инструментом, защитными средствами, технической документацией и спецодеждой. Руководитель работ должен проверять исправность оборудования и инструмента, организацию рабочего места, обеспечить правильную расстановку работающих.

Рабочее место оснащается необходимыми техническими средствами для выполнения судовых работ. Безопасность временного рабочего места предусматривает обеспечение работников исправными приспособлениями, такелажем и защитными индивидуальными средствами. Кроме того, следует позаботиться о наличии необходимых ограждений, защитных устройств и предупредительных надписей. При организации временного рабочего места необходимо отработать подаваемые во время работы сигналы, команды и распоряжения, а также обеспечить доступ к рабочему месту и возможность быстрой эвакуации.

Несчастные случаи на флоте часто происходят вследствие нарушений правил и инструкций по технике безопасности и слабой дисциплины отдельных членов судовых команд. Причиной этого является недостаточно высокая организация службы на этих судах и недостаточный надзор за безопасным проведением работ со стороны командного состава судов.

Руководитель работ должен быть сам хорошо подготовлен в вопросах техники безопасности, знать все инструкции по безопасности труда в своем заведовании и требовать от подчиненных их неукоснительного выполнения.

К работе на морских судах допускаются лица, окончившие морские учебные заведения и знакомые с требованиями международных конвенций по безопасности труда, а также с действующими инструкциями по технике безопасности проведения работ по своей специальности. Поэтому нарушения работниками требований инструкций необходимо расценивать как нарушение трудовой дисциплины.

К таким лицам сначала применяются меры воспитательного, а затем и дисциплинарного воздействия.

Надзор за безопасностью труда на морских судах осуществляется непрерывно в течение всего времени проведения работ. Он включает в себя надзор за соблюдением указаний технической документации и выполнением правил техники безопасности, применением безопасных приемов работы и использованием защитных средств, соблюдением порядка на рабочих местах и установленного режима труда. Правильное чередование труда и отдыха необходимо особенно строго соблюдать при вредных и тяжелых работах. Особо тщательный надзор должен быть установлен за членами экипажей судов, недавно зачисленными на флот. Это необходимо для предотвращения несчастных случаев из-за ошибочных действий новичка. Не разрешается поручать людям, которые ещё

не могут правильно ориентироваться в морских условиях, выполнение аварийных работ на открытых палубах и в закрытых объемах (цистернах, танках и т.д.), во время шторма и при значительном волнении моря.

Важное значение в улучшении охраны труда имеет обеспечение постоянного надзора за состоянием и содержанием путей сообщения, устройство временных проходов и ограждений, надзор за выполнением правил движения по судну, особенно в условиях плохой погоды. Морская практика показывает: там, где хорошо налажены трудовая дисциплина и техническая учёба, ведется систематический надзор за правильным выполнением требований техники безопасности членами экипажей, коллективы судов добиваются высоких производственных показателей в безаварийных плаваниях.

За состояние техники безопасности на судне отвечает капитан. Он обязан лично и через своих помощников, и начальников служб проводить мероприятия по оздоровлению условий труда экипажа, учитывая конкретные условия, принимать все необходимые меры для предупреждения случаев травматизма.

Контроль и ответственность за соблюдением правил техники безопасности во время выполнения работ возлагаются на командира, непосредственно возглавляющего эту работу или дающего распоряжение членам судовой команды о ее выполнении.

Командный состав приходит на флот обученным технике безопасности в объеме планов и программ морских учебных заведений. В процессе работы на судах он совершенствует свои знания в области охраны труда применительно к занимаемой должности и выполняемой работе. Кроме того, через определенные промежутки времени командный состав, проходя аттестацию, сдает экзамен по охране труда.

Проверка знаний осуществляется постоянно действующими квалификационными комиссиями в парокходствах, судоходных компаниях и на судах.

В последние годы в мировом торговом флоте произошли значительные перемены. Появились высокоавтоматизированные, скоростные, специализированные суда, требующие специальных знаний и навыков обслуживания. Сократилась численность экипажей судов. Кроме того, ускорение рейсов, формирование многонациональных экипажей с разным уровнем квалификации моряков, потребовали изменения традиционного распределения обязанностей и ответственности на судах.

В связи с этим возникает необходимость обучения командного состава общим принципам обеспечения безопасности труда при производстве любых видов работ. Плавсостав обучается технике безопасности в мореходных школах применительно к своей профессии. Независимо от этого при поступлении на работу члены судовых команд проходят в парокходствах и судоходных компаниях вводный инструктаж по технике безопасности. После обучения на рабочих местах безопасным приемам работы проводится проверка знаний по специальностям.

Лицам, прошедшим обучение, должна выдаваться письменная рабочая инструкция по технике безопасности в соответствии с выполняемой работой как по основной, так и по совмещаемой профессиональной должности.

Для снижения травматизма на флоте важное значение приобретают вопросы, связанные с пропагандой безопасных и безаварийных методов труда: общественные смотры, плакаты, фотовитрины, технические кабинеты с уголками по технике безопасности.

Организация и проведение общественных смотров должны быть одним из эффективных средств пропаганды и популяризации передовых методов труда, важным средством привлечения внимания моряков и берегового состава к вопросам охраны труда. Во время проведения общественных смотров администрация должна всячески поощрять массовый сбор предложений, направленных на дальнейшее улучшение условий и обеспечение безопасности труда. Такие смотры помогают вскрывать и своевременно устранять имеющиеся недостатки в организации труда. Одним из популярных на флоте

средств наглядной пропаганды безопасных методов труда являются плакаты агитационно-инструктивного и учебно-методического назначения. Плакаты, а также учебные кинофильмы помогают усваивать общие положения и требования техники безопасности применительно к конкретным профессиям.

Хорошим методом пропаганды являются фотовитрины, создаваемые для популяризации безопасных приемов работы и технических усовершенствований, предложенных рационализаторами.

НОРМИРОВАНИЕ ЧАСОВОГО РАСХОДА ТОПЛИВА ТРАНСПОРТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МАШИН

Кривошапов С.И.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)*

Введение. Действующая на Украине методика нормирования расхода топлива для подвижного состава автомобильного транспорта, которая закреплена приказом Министерства транспорта Украины № 43 от 1998 года, с изменениями и дополнениями, утвержденными приказом Министерства инфраструктуры Украины № 36 от 2002 года [1], имеет ряд недостатков. Недостаточно корректно и не точно определяется норма расхода топлива на время прогрева и вынужденных простоев автомобиля с включенным двигателем, а также на работу специализированного и автономного оборудования во время работы автомобиля без движения.

Основная часть исследования. Предложена математическая модель, по которой можно рассчитать часовой расход топлива для двигателя внутреннего сгорания, работающего на холостом режиме или с постоянной нагрузкой. Методика заключалась в расчетах коэффициентов наполнения цилиндров двигателя и избытка воздуха через аппроксимацию полиномами первой и второй степени, в зависимости от степени использования мощности двигателя. Однако в модели не рассматривалось фактическое изменение давления (P) и температуры (T) рабочего тела в цилиндрах двигателя.

Анализ математической модели показал, что при работе двигателя без нагрузки часовой расход топлива увеличивается пропорционально частоте вращения коленчатого вала (n) и рабочему объему двигателя (V_h):

- для автомобиля с бензиновым двигателем:

$$G_t = 0.00185 \cdot V_h \cdot P / T \cdot n, \quad (1)$$

- для автомобилей с дизельным двигателем:

$$G_t = 0.00174 \cdot V_h \cdot P / T \cdot n. \quad (2)$$

Результаты расчета, полученные по математической модели, были сравнены с нормативами по действующей методике. Для автомобиля Skoda Octavia 1.6 MPI законодательство Украины рекомендует использовать часовой расход топлива - 0,375 л/ч. Тогда как фактический расход топлива на режиме холостого хода составляет 0.7...0.8 л/ч, а расчетное значение по разработанной методике - 0,808 л/ч. Для дизельного автомобиля Skoda Octavia 1.9 TDI законодательство рекомендует расход - 0,26 л/ч, фактический расход - 0.6...0.7 л/ч, а по расчету - 0,763 л/ч.

Исследовано потребление топлива на работу специального оборудования на примере автомобиля КрАЗ-6322. В процессе использования оборудования, при частоте вращения коленчатого вала - 1500 мин⁻¹ и мощности - 25 кВт, часовой расход топлива для КрАЗ-6322 составит 15 л/ч. Если при тех же оборотах мощность установки возрастет в четыре раза и составит 100 кВт, то часовой расход топлива увеличится в 1.5 раза и составит 22.5 л/ч.

Выводы. Основной вывод по работе – это необходимость совершенствования законодательства нашей страны по учету потребления материальных ресурсов. Предпочтительнее применять детерминированные (расчетные) методы определения расхода топлива на автомобильном транспорте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Про затвердження змін до Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Електронний ресурс] // Верховна Рада України - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0036733-12#n2>.

СНИЖЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СГОРАНИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Куропятник А.А.

Национальный университет «Одесская морская академия»

(Украина)

Введение. Энергетические установки подавляющего большинства средств транспорта составляют двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Дизели являются источниками механической энергии автомобильного, железнодорожного, речного и морского транспорта, а также сельскохозяйственной и мобильной (малогабаритной или переносной) техники. Появившиеся в последние 3...5 лет двигатели, использующие энергию аккумуляторных электрических батарей, могут обеспечить потребности только незначительной части автомобильной техники. Кроме того, эксплуатационная мощность подобных двигателей не превышает 150...200 Вт, длительность их автономной работы составляет 6...8 часов. Поэтому, на сегодняшний день не ожидается их широкого распространения даже на большегрузных и высокомоощных автомобильных средствах транспорта, а тем более на железнодорожных (эксплуатационная мощность которых достигает 10000...12000 кВт), речных (при мощности энергетической установки до 20000...25000 кВт) и морских (с суммарной мощностью главных и вспомогательных дизельных двигателей до 100000...120000 кВт) [1].

Актуальность исследований. Эксплуатация морских и речных средств транспорта связана как с обеспечением их энергетических показателей (мощности и крутящего момента), так и с поддержанием необходимого уровня их экологических параметров. В связи с этим, целый ряд международных организаций (в частности Международная морская организация – ИМО) вводят строгие требования, выполнение которых позволяет обеспечить экологические параметры работы судовых дизелей. Украина является полноправным членом ИМО и ратифицировала все ее основные конвенции. В связи с этим, эксплуатация морских средств транспорта осуществляется в соответствии с резолюциями, разработанными Комитетом по защите морской среды ИМО: «Предотвращение загрязнения воздуха с судов и контроль качества топлива» (“Prevention of Air Pollution from Ships and Quality Control of Fuel”) и «Пересмотренное Приложение VI к Конвенции МАРПОЛ» [2].

Постановка задачи. В настоящее время среди контролируемых параметров судовых дизелей важное значение отводится такому экологическому показателю, как концентрация оксидов азота (NO_x) в выпускных газах. Одним из способов, обеспечивающих снижение эмиссии NO_x с выпускными газами, является использование системы рециркуляции выпускных газов (exhaust gas recirculation – EGR).

Источниками оксидов азота являются молекулярный азот воздуха, использующийся в качестве окислителя при сгорании топлива, и азотсодержащие компоненты органической массы самого топлива. В соответствии с этим, оксиды азота делятся на воздушные и топливные. Из азота, находящегося в воздухе, образуются термические NO_x (механизм Зельдовича) и быстрые NO_x (механизм Фенимора). Из связанного с органической массой азота топлива образуются топливные NO_x . Образование термических NO_x происходит при максимальной температуре, т.е. в той зоне топливного факела, где уже сгорела основная масса топлива. Быстрые оксиды азота образуются во фронте пламени и зависят главным образом от стехиометрического соотношения в месте их образования. Топливные оксиды азота не образуются при сжигании природного газа (так как он, за редким исключением, не содержит связанного азота). Номограмма распределения типов NO_x для разных видов топлива представлена на рис. 1 [3].

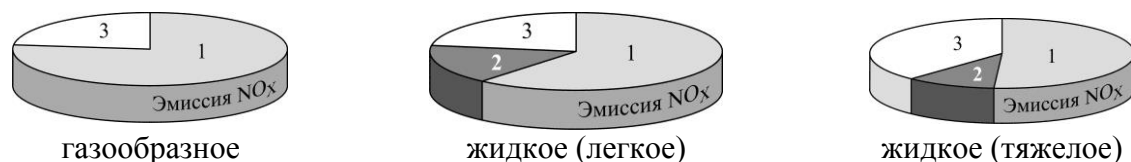


Рисунок 1 – Номограмма распределения типов NO_x для разных видов топлива:
1 – термические (тепловые); 2 – быстрые; 3 – топливные

Надкритическое образование NO_x происходит в случаях, когда температура в зоне горения превышает 1500 К, а горение происходит при условии высокой концентрации кислорода [4]. Системы EGR, возвращая часть выпускных газов в цилиндр дизеля, обеспечивают снижение коэффициента избытка воздуха, что способствует протеканию процесса сгорания с меньшей температурой. В настоящее время системы рециркуляции выпускных газов устанавливаются на современных ДВС, однако отсутствие системного подхода к их эксплуатации, регулированию и управлению не позволяет судовому экипажу определять оптимальные режимы их работы. Это снижает эффективность систем EGR и приводит к повышению эксплуатационных расходов. В связи с этим целью исследования являлось определение степени рециркуляции выпускных газов на максимальную температуру сгорания и концентрацию оксидов азота в выпускных газах.

Результаты исследований. Эксперименты выполнялись на судовом малооборотном дизеле 7UEC60LS фирмы Mitsubishi, оборудованному системой EGR низкого давления (при которой часть выпускных газов после газотурбонагнетателя возвращается в продувочный ресивер). Номинальная мощность дизеля 12600 кВт при частоте вращения 82 об/мин. Принцип работы системы понятен из ее схемы (рис. 2).

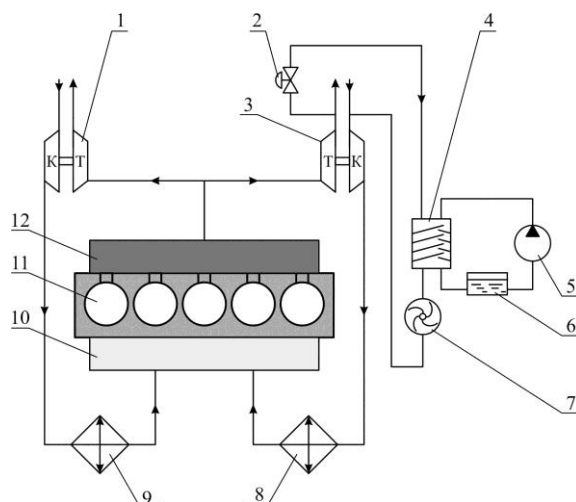


Рисунок 2 – Принципиальная схема системы EGR судового дизеля 7UEC60LS:
1, 3 – газотурбонагнетатель; 2 – управляющий клапан системы рециркуляции выпускных газов; 4 – скруббер; 5 – водяной насос; 6 – водяная цистерна; 7 – газовый нагнетатель с электрическим приводом; 8, 9 – охладитель наддувочного воздуха; 10 – воздушный ресивер; 11 – цилиндры дизеля; 12 – выпускной коллектор; Т, К – газовая турбина и воздушный компрессор газотурбонагнетателя

Эксперименты выполнялись для следующих скоростных режимов работы дизеля: 55, 65, 75 и 80 об/мин, что соответствовало значениям относительной мощности дизеля: $0,3N_{\text{еном}}$, $0,5N_{\text{еном}}$, $0,77N_{\text{еном}}$ и $0,93N_{\text{еном}}$. Степень рециркуляции уходящих газов во время экспериментов изменялась в следующих значениях: $\text{EGR}=4,7\%$, $\text{EGR}=9,8\%$, $\text{EGR}=14,6\%$, $\text{EGR}=18,8\%$ [5].

Експерименти виконувались при умови стабілізації зовнішніх навантажень на дизель. Длительность работы дизеля на каждом из режимов составляла 3...3,5 часа, в течении которых с периодичностью не более 5 минут выполнялся контроль и фиксация всех указанных параметров. По истечении испытательного цикла полученные значения усреднялись. Изменение режимов работы дизеля (от 55 до 80 об/мин) проводилось последовательно ступенчато. При этом, на каждом новом режиме дизель до начала контроля параметров работал 30...45 минут, что обеспечивало равномерное распределение тепловых и массовых потоков. Во время исследований дизель работал на одном и том же сорте топлива и цилиндрического масла. Также постоянными поддерживались значения охлаждающих сред на входе/выходе дизеля.

Результаты исследований приведены в таблице 1. При этом значения концентрации оксидов азота измерялись с помощью газоанализатора Testo350XL, а величина максимальной температуры цикла была получена путем численного моделирования с учетом термодинамических процессов сжатия и сгорания.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

		Эксплуатационная нагрузка дизеля, $N_{\text{реж}}$							
		Концентрация оксидов азота NO_x , $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$				Максимальная температура цикла T_z , К			
		$0,3N_{\text{еном}}$	$0,5N_{\text{еном}}$	$0,77N_{\text{еном}}$	$0,93N_{\text{еном}}$	$0,3N_{\text{еном}}$	$0,5N_{\text{еном}}$	$0,77N_{\text{еном}}$	$0,93N_{\text{еном}}$
Степень EGR, %	0	13,3	10,8	8,0	7,1	1794	1786	1784	1767
	4,7	10,7	8,6	6,7	5,1	1781	1768	1753	1743
	9,8	9,4	7,8	6,1	4,2	1748	1735	1732	1714
	14,6	8,4	7,3	4,1	4,1	1733	1710	1696	1678
	18,8	8,0	6,7	4,0	3,3	1720	1692	1681	1651

По результатам, приведенным в таблице 1, построены номограммы, отражающие влияние максимальной температуры цикла T_z на эмиссию оксидов азота (рис. 3). Обобщенная диаграмма снижения максимальной температуры рабочего цикла T_z при разной степени рециркуляции выпускных газов EGR (в диапазоне рассмотренных эксплуатационных нагрузок) судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi, приведена на рис. 4.

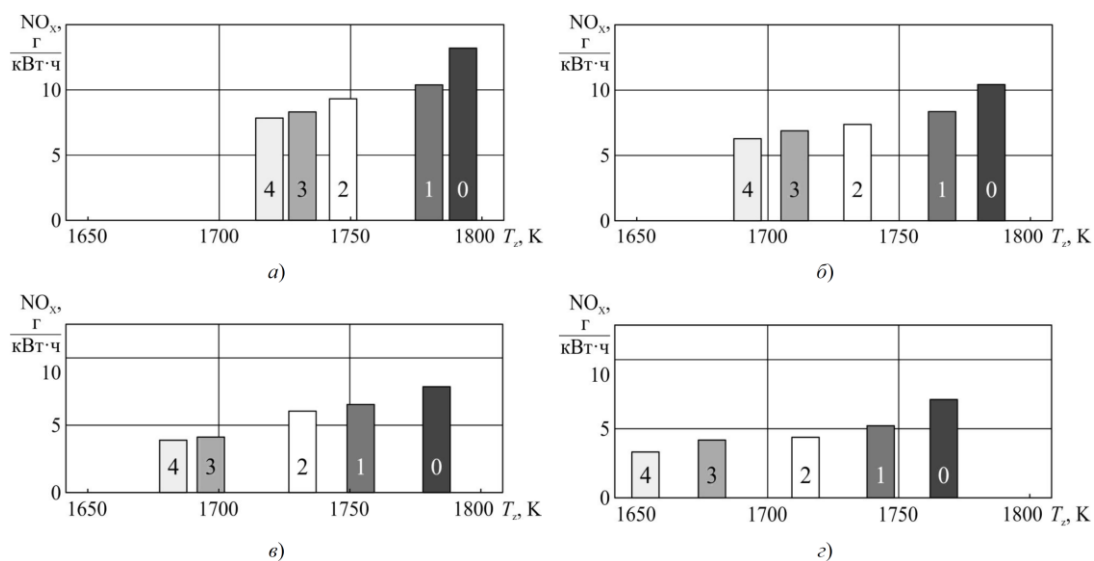


Рисунок 3 – Влияние максимальной температуры рабочего цикла дизеля T_z на образование оксидов азота NO_x при разных режимах работы судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi:

а) $N_{\text{реж}}=0,3N_{\text{еном}}$; б) $N_{\text{реж}}=0,5N_{\text{еном}}$; в) $N_{\text{реж}}=0,77N_{\text{еном}}$; г) $N_{\text{реж}}=0,93N_{\text{еном}}$; 0 – EGR=0%; 1 –

EGR=4,7 %; 2 – EGR=9,8 %; 3 – EGR=14,6 %; 4 – EGR=18,8 %

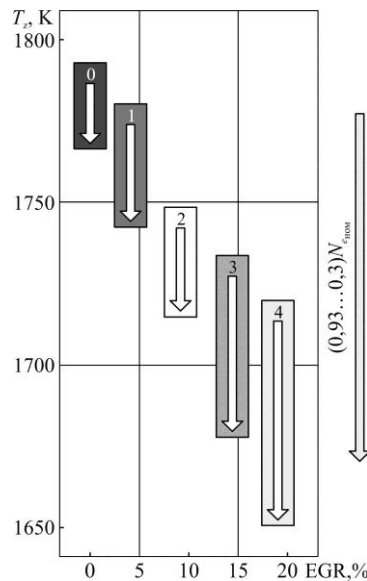


Рисунок 4 – Снижение максимальной температуры рабочего цикла дизеля T_z в зависимости от степени EGR в диапазоне нагрузок $(0,3 \dots 0,93)N_{ном}$: 0 – EGR=0 %; 1 – EGR=4,7 %; 2 – EGR=9,8 %; 3 – EGR=14,6 %; 4 – EGR=18,8 %

Выводы. Система EGR обеспечивает принудительную подачу выпускных газов в цилиндр дизеля, это (при неизменном количестве топлива, подаваемого в цилиндр) ухудшает процесс сгорания, снижает максимальную температуру в цилиндре и уменьшает количество оксидов азота, образующихся при сгорании жидкого топлива.

Рециркуляция выпускных газов приводит к снижению максимальной температуры сгорания T_z в цилиндре. В диапазоне рассмотренных эксплуатационных нагрузок дизеля $(0,3 \dots 0,93)N_{ном}$ с увеличением степени рециркуляции в интервале 0...18,8 % величина T_z снижается на 4,12...6,56 %, при этом обеспечивается 38,0...53,5 %-е снижение концентрации NO_x в выпускных газах.

Управление процессом сгорания топлива, осуществляемое путем рециркуляции выпускных газов, обеспечивает поддержание экологических показателей работы судовых дизелей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куропятник А. А. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей / А. А. Куропятник, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник, 2018. – Вып. 24. – С. 72-80.
2. Kuropyatnyk O. A., Sagin S. V. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NO_x Emissions from Marine Diesel Engines // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – 2019. – Vol. 66. – Iss. 1. – P. 1-9. doi.org/10.17818/NM/2019/1.1.
3. Куропятник О. А. Зниження емісії оксидів азоту судових дизелів методом перепуску вихідних газів // Вісник Одеськ. нац. мор. ун-ту, 2018. – Вип. 4(57). – С. 98-108.
4. Куропятник А. А. Обеспечение требований конвенции МАРПОЛ73/78 по ограничению выбросов NO_x путем перепуска выпускных газов / А. А. Куропятник // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування : матеріали 10-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 12-13 вересня 2019 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2019. – С. 109-111.
5. Sagin S. V., Kuropyatnyk O. A. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines // OUR SEA : International Journal of

Maritime Science & Technology. – June 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/2018/2.3.

ПЕРСПЕКТИВЫ И РЕАЛИИ ЗАМЕНЫ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Леонов В.Е., Гуров А.А.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Процесс морских грузоперевозок, как и всякий производственный процесс, связан с затратами живого и овеществленного труда, оцениваемого в совокупности себестоимостью. В себестоимости морских грузоперевозок доля финансовых расходов на судовое топливо основная и составляет 75–85 % от общих издержек.

На долю морского транспорта приходится более 15 % потребления мировых углеводородных ресурсов, и эта доля имеет устойчивую тенденцию к росту.

В последнее время Международная Морская Организация приняла ряд Резолюций, направленных на снижение расхода судового топлива, повышение Коэффициента Энергетической Эффективности Судна (КЭЭС), уменьшение эмиссии оксидов серы, азота, диоксида углерода с отработанными газами судовых энергетических установок (СЭУ) [1-7].

Актуальность исследований. Морской транспорт, как составная часть техногенных систем, приводит к следующим негативным глобальным последствиям [8]:

- 1) истощение возобновимых ресурсов атмосферного кислорода;
- 2) истощение невозобновимых ресурсов углеводородного происхождения;
- 3) стремительное развитие Планетарного «парникового» эффекта;
- 4) разрушение озонового слоя ;
- 5) «кислотные» дожди;
- 6) загрязнение морской окружающей среды химическими, биологическими, радиоактивными соединениями.

Проанализируем проблему возникновения дефицита природного кислорода на Планете (п.1). Кислород образуется в результате реакции фотосинтеза, предложенной в 18 веке Яном Ингенхаузом. Реакция фотосинтеза протекает из диоксида углерода и паров воды в структуре древесины и водорослей под действием энергии Солнца первого рода. Необходимо констатировать, что лесные массивы интенсивно истощаются в результате их вырубки и пожаров. Сине-зелёные водоросли в результате техногенных и природных сбросов нефти/нефтепродуктов покрываются пленкой углеводородов и их продуктивность по синтезу кислорода ингибируется. Таким образом, с одной стороны источники образования кислорода снижаются, что приводит к уменьшению массы образовавшегося природного кислорода, а с другой стороны, интенсивно увеличивается потребность в кислороде для удовлетворения растущих потребностей техногенных систем. В результате этого несоответствия между спросом и предложением по кислороду возникла глобальная экологическая проблема – дефицит кислорода на Планете.

Постановка задачи. При сжигании одной условной единицы массы (У.Е.М.) судового дизельного топлива (СДТ) расходуется примерно 20 У.Е.М. атмосферного воздуха, при этом выделение диоксида углерода (СО₂) – основного компонента «парниковых» газов – увеличивается более чем в три раза, по сравнению с расходом СДТ.

Атмосферный воздух с небольшой степенью погрешности включает в себя два основных макрокомпонента (% объёмн.): азот -79,03, кислород – 20,92, остальное приходится на диоксид углерода, аргон, ксенон, криптон, озон, гелий, углеводороды - в сумме 0,05. В СЭУ для процессов окисления расходуется только кислород воздуха, и то не на 100 %, а азот в данном случае является инертным газом. При условиях сгорания СДТ в СЭУ (давление 25-35 атм., температура 850-1000 °С) в цилиндрах двигателя из азота и

кислорода воздуха образуются оксиды азота, которые отрицательно влияют на воздушный бассейн, морскую среду и приводят к новым проблемам, т.е. нормированию оксидов азота в отработанных газах и необходимости очистки отработанных газов СЭУ от оксидов азота [6-11].

Поскольку в случае использования воздуха для окисления СДТ, азот выступает в качестве инертного газа, то на его нагрев (до 850-1000 °С), компримирование (до 25-35 атм.) расходуется значительная масса СДТ. Причем во всех конструкциях СЭУ предусмотрен избыток воздуха против теоретического (стехиометрического) для того, чтобы повысить степень окисления (сгорания) СДТ.

Поставлена задача—заменить окислитель (атмосферный воздух) на кислород, провести анализ процессов получения кислорода, предложить экономически, энергетически эффективный и экологически безопасный способ получения кислорода.

Результаты исследований. Расчетным путем установлено, что при сжигании одной тонны СДТ в потоке атмосферного воздуха, структура распределения расхода СДТ характеризуется следующими показателями (т, %):

- на производство полезной работы - 0,25 т, 25%;
- на организацию цикла «нагрев-компримирование-дресселирование, охлаждение азота», содержащегося в атмосферном воздухе и в отработанных газах СЭУ - 0,25т., 25%;
- на образование материальных и энергетических отходов при сжигании СДТ в СЭУ - 0,5 т., 50%.

В соответствии с выполненными расчетными исследованиями, если вместо воздуха использовать кислород, то доля совершенной полезной работы увеличится на 25% и составит 50%, в то время, как на воздухе только 25%, т.е. вклад в полезную работу СЭУ увеличится в два раза. Кроме этого, будет полностью исключена эмиссия оксидов азота в атмосферу.

В случае использования кислорода нагрузка на СЭУ по окислителю снизится с 20 т (в случае использования атмосферного воздуха) до 4,2 т (в случае использования кислорода), т.е. практически в 5 раз, а это приведет к снижению габаритов СЭУ, тепловых потерь, расхода СДТ.

При всех положительных характеристиках в случае использования кислорода необходимо ответить на два вопроса:

- 1) как экономически целесообразно получить кислород;
- 2) как обеспечить взрывобезопасность процесса при использовании кислорода.

Известны освоенные в промышленности способы получения кислорода из атмосферного воздуха:

1. Низкотемпературное разделение атмосферного воздуха.
2. Разделение атмосферного воздуха в присутствии цеолитных катализаторов.
3. Разделение атмосферного воздуха с помощью селективных синтетических полимерных мембран.

Предлагаемая нами реализация технологии использования кислорода на морском транспорте включает следующие этапы:

- 1) по одному из вышеприведенных способов (п.п.1-3) в стационарных установках, расположенных на берегу, получают кислород;
- 2) по первому способу жидкий кислород загружают в специальные танки на борту судна с последующим его использованием в качестве окислителя вместо воздуха.
- 3) по второму и третьему способам полученный газообразный кислород вначале сжижают, и жидкий кислород загружают в специальные танки на борту судна с последующим его использованием в качестве окислителя вместо воздуха.

На подводном флоте используются установки регенерации кислорода, которые вполне могут быть применимы и на торговых судах. Принцип работы заключается в получении кислорода из забортной морской воды методом электролиза [12].

Недостатки известных способов получения кислорода:

- 1) высокие материальные и энергетические затраты при получении кислорода из воздуха;
- 2) низкая концентрация кислорода (50-60 %) в продуктовой реакционной смеси (п.п.2,3);
- 3) высокие эксплуатационные и капитальные затраты;
- 4) большой срок окупаемости вложенных первоначальных капитальных затрат;
- 5) отрицательное воздействие на окружающую среду установок по разделению воздуха;
- 6) низкая кратность запасов ресурсов атмосферного воздуха.

Задача, которая заложена в предлагаемом нами новом техническом решении заключается в следующем:

а) заменить воздух, используемый во всех окислительных процессах, в частности, в судовых энергетических установках, на кислород;

б) создать новую технологию получения кислорода из диоксида углерода и воды.

Выбор в качестве сырья для получения кислорода воды (H_2O) и/или диоксида углерода (CO_2) вполне обоснован по следующим причинам:

- 1) высокая кратность их запасов- 10^{15} ;
- 2) концентрация кислорода в 3,5 раза для CO_2 и в 4,2 раза для воды выше по сравнению с концентрацией кислорода в атмосферном воздухе .

Способ получения кислорода из воды предусматривает следующие стадии:

- получение из воды химически обессоленной воды (ХОВ);
- нагрев, испарение ХОВ, перегрев пара до температуры $210 \pm 10^\circ C$;
- подача перегретого пара на катализатор селективного дегидрирования третьего поколения;
- каталитическое дегидрирование ХОВ с получением кислорода и водорода;
- нагрев катализатора до температуры $300 \pm 10^\circ C$;
- десорбция водорода с поверхности катализатора;
- компримирование, хранение и использование кислорода в качестве окислителя, а водорода - в качестве экологически чистого судового топлива.

Технология получения кислорода из диоксида углерода включает в себя следующие стадии:

- диссоциация диоксида углерода на составляющие – кислород и углерод/углеродсодержащее соединение с помощью: плазмохимической струи в потоке инертного газа (при температуре 5 000-7 000 К); гетерогенно-каталитической сопряженной реакции с выделением кислорода;
- интенсивная «закалка» нагретого газового потока до $20-30^\circ C$;
- селективное разделение на цеолитных катализаторах системы «углерод/углеродсодержащее соединение - инертный газ»;
- компримирование и ожижение кислорода;
- загрузка сжиженного кислорода в емкости с последующей откаткой в танки на судне.

Что касается второго вопроса в части опасности использования кислорода в качестве окислителя судового топлива, то, безусловно, опасность возгорания, взрыва и пожара в случае использования кислорода вместо атмосферного воздуха возрастает. Необходимо отметить, что подобные вопросы обеспечения безопасности в случае использования кислорода в качестве окислителя в промышленном масштабе уже решены, в качестве

примера следует привести производство ацетилена высокотемпературным пиролизом природного газа на Северодонецком ПО «Азот» (Украина).

При проектировании и постройке судна значительную часть расчетов, наряду с остойчивостью, прочностью корпуса и т.п., занимают расчеты нагрузок, которые собственно и несет на себе корпус судна, оставаясь на плаву по определенную грузовую марку. При этом, в зависимости от типа и назначения судна, большое значение имеет соотношение веса судна порожнем к скорости судна. И если водоизмещение судна складывается из собственной массы судна и его грузоподъемности (массы полезного груза), то в собственную массу судна порожнем входят:

- корпус судна, оборудованный инвентарем и запасными частями; готовая к эксплуатации энергетическая установка с инвентарем и запасными частями; вода в котлах, трубопроводах, насосах, конденсаторах, охладителях;
- топливо во всех эксплуатационных трубопроводах;
- диоксид углерода и рассол или другие эксплуатационные материалы в холодильных установках и противопожарных системах;
- остаточная вода в льялах и цистернах, которая не может быть удалена насосами, а также сточные воды и влага.

Здесь обратим внимание на вес собственно судовой энергетической установки и сопутствующих при этом дополнительных запасов и оборудования. Облегчение веса судна порожнем за счет СЭУ дает возможность увеличить вес полезного груза (дедвейта) при неизменных других характеристиках судна.

Грузоподъемность судна и эксплуатационная скорость – важнейшие экономические характеристики судна; они должны гарантироваться заводом-изготовителем при постройке, так как нарушение характеристик наказывается договорными штрафами. Валовая грузоподъемность - дедвейт судна - включает все массы, которые не относятся к водоизмещению судна порожнем, такие как:

- собственно груз (включая почту);
- экипаж и пассажиры с багажом;
- все эксплуатационные материалы (запасы топлива, смазочные материалы, масла, котельная питательная вода) в цистернах для запасов;
- судовые запасы, такие как краски, керосин, дерево, смола, канаты;
- запасы для экипажа и пассажиров (питьевая вода, вода для мытья и провизия);
- оборудование для крепления грузов, такое как деревянные упоры, брезенты и мачты, продольные полупереборки для сыпучих грузов;
- специальное оборудование у особых типов судов, например, промысловое оборудование (сети, тросы, тралы).

Отношение водоизмещения судна порожнем к водоизмещению в полном грузу зависит главным образом от типа судна, района плавания, скорости судна и от конструкции корпуса. Так, например, водоизмещение грузового судна порожнем с нормальной эксплуатационной скоростью (14—16 уз) без ледовых подкреплений составляет примерно 25% водоизмещения в полном грузу. Если грузовое судно имеет полное водоизмещение 15 тыс. т, то водоизмещение порожнем составляет примерно 3 тыс. т, а его дедвейт примерно 8 тыс. т. Отношение массы энергетической установки к полному водоизмещению определяется скоростью судна, типом двигателя (дизельная, паротурбинная, дизель-электрическая установка и т. д.), а также типом судна. Повышение скорости судна при одинаковом типе установки всегда ведет к увеличению мощности двигателя и, следовательно, к увеличению названных отношений. У судов с дизельной установкой масса двигателя больше, чем у судов с установками других типов. Поскольку к энергетической установке относятся также вспомогательные механизмы для производства электрической энергии и силовые установки холодильников, то масса энергетических установок пассажирских, рефрижераторных и промысловых судов больше, чем масса установок

обычных грузовых судов такого же водоизмещения. Так, масса энергетической установки грузовых судов составляет 5—10%, пассажирских судов - 10—15%, рыболовных судов 15—20%, а буксиров и ледоколов, как правило, даже 20—30% полного водоизмещения.

Отношение дедвейта к полному водоизмещению (коэффициент использования водоизмещения по дедвейту) лучше всего характеризует экономичность грузовых судов (если не говорить о скорости судна). У буксиров и ледоколов дедвейт определяет в первую очередь дальность плавания (длительность рейса), так как у судов этих типов дедвейт расходуется главным образом на топливные материалы и запасы. Самый большой коэффициент использования водоизмещения по дедвейту имеют грузовые суда и танкеры (от 60 до 70%), самый маленький - буксиры и ледоколы (от 10 до 30%).

Разработанные нами технические предложения предполагают увеличение дедвейта судна, при неизменности водоизмещения, при облегчении веса энергетической установки, а это, в свою очередь возможно при установке на судне СЭУ, работающей на кислороде, как составной части топливной системы. Для упомянутых здесь ледоколов, буксиров, пассажирских судов, дедвейт, конечно, не имеет особого значения, однако новый тип СЭУ также окажет положительное воздействие на охрану морской, окружающей среды. Для грузовых же судов, будь то танкер или сухогруз, увеличение массы полезного груза за счет снижения массы судовой энергетической установки будет иметь весомое значение для повышения экономических показателей и рентабельности морских грузоперевозок.

Выводы. В результате выполненной работы следует отметить, что при использовании в качестве окислителя судового дизельного топлива кислорода вместо воздуха, могут быть решены следующие проблемы:

- снижение расхода судового дизельного топлива вследствие повышения доли использования полезной работы в два раза;
- снижение эмиссии токсичных компонентов с отработанными газами СЭУ в соответствии со снижением расхода судового дизельного топлива;
- снижение массы и габаритов судовой энергетической установки;
- снижение тепловых потерь СЭУ в соответствии с уменьшением массы и габаритов судовой энергетической установки;
- полностью исключаются выбросы оксидов азота с отработанными газами СЭУ;
- в качестве исходного сырья для получения кислорода рекомендовано использовать воду и диоксид углерода, имеющих высокий индекс кратности запасов (более, чем 10^{15}) и большую концентрацию кислорода в своем составе - в 3,5 раза для диоксида углерода и в 4,2 раза для воды по сравнению с атмосферным воздухом.

Настоящая статья, на наш взгляд, имеет поисково-постановочный характер и может быть реализована после детальной технико-экономической, конструкторско-технологической разработки в расчете на вновь проектируемые и перспективные к постройке морские транспортные суда.

ЛИТЕРАТУРА

1. МЕРС 65/INF.17 IMO Model Course on Energy-Efficient Operation of Ships. – London: World Maritime University, 2013. – 61 p.
2. 2.Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency Operational indicator (EEOI). – London: IMO, 2009. – 75 p.
3. 3.Rehmatulla N, Calleya J, Smith T The Implementation of Technical Energy Efficiency and CO2 Emission Reduction Measures in Shipping. Ocean Engineering. - 2017. Vol.139: p.184-197.
4. Пивоваров Л. А. Разработка плана управления энерго-эффективностью судна (ПУЭЭС) для танкеров / Л. А. Пивоваров // Збірка матер. Міжн. Наук. Практик. Конф. «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» – MINTT-2013. — Херсон: ВЦ ХДМА, 2013. — Т. 1. — С. 73–77.

5. HuldaWinnes, Linda Styhre, Erik Fridell Reducing GHG emissions from ships in port areas. *Research in Transportation Business & Management*. – 2015. Vol. 17, p. 73–82 link
6. Леонов В.Е. Современные технологии автоматизации безопасного управления судами, энергосбережения, защиты морской, окружающей среды. Монография: под редакцией профессора Леонова В.Е. // В.Е. Леонов, В.Б. Сыс, В.В. Чернявский, В.В. Сыс. Херсон: ВЦ ХДМА -2019,-556 с.
7. Zhmur V. N., Leonov V. Ye., Ways to increase economic energy efficiency and environmental safety of sea freight. *American Scientific Journal*. – 2018. №19, p. 15-21.
8. Леонов В.Е. Экология и охрана окружающей среды. Учебное пособие. В.Е.Леонов, А.В. Ходаковский. /Под редакцией д.т.н., профессора В.Е.Леонова./- Херсон:Издательство ХГМА. 2016,-348 с.: рос. мовою-ISBN 978-966-2245-34-9. link.
9. Anders B. Laursen a,, Jens Sehested b, Ib Chorkendorff a, Peter C. K. Vesborg a, Availability of elements for heterogeneous catalysis: Predicting the industrial viability of novel catalysts. *Chinese Journal of Catalysis*. - 2018. Vol. 39 p.16–26 link.
10. Леонов В.Е. Пути повышения эффективности морских грузоперевозок/В.Е. Леонов, В.И.Дмитриев // Монография. М.:МОРКНИГА.- 2019, -299с.. ISBN 978-5-902080-40-4.
11. Tran TA Research of the Scrubber Systems to Clean Marine Diesel Engine Exhaust Gases on Ships. *J Marine Sci Res*. – 2017. Dev 7: 243. doi: 10.4172/2155-9910.1000243 p. link
12. R.W. Trent Submarine Air Conditioning <https://www.Abok.Ru/for-spec-articles.php/nid=2125>.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ, ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ МОРСКИМИ СУДАМИ

Марьянов Д.Н.

Национальный университет «Одесская морская академия»

(Украина)

Введение. Ежегодное увеличение потребления углеводородного сырья, превалирование использования жидкого и газообразного топлива над твердым, отсутствие реальных альтернатив нефти и газу как основному источнику тепловой энергии, приводит к постепенному истощению их континентальных месторождений. Дальнейший рост потребления энергии в промышленности, на транспорте и в повседневной жизни повышает дефицит топлива нефтяного происхождения, который может быть обеспечен только континентальными запасами. Поэтому в последнее время большое количество стран развивают и расширяют освоение ресурсов континентального шельфа и Мирового океана. При этом добыча углеводородного сырья осуществляется на автономных буровых платформах, расположенных вне материковых территорий, а поэтому требующих доставки на них специального оборудования, техники и материалов [1].

Актуальность исследований. Морские суда, обеспечивающие заводку якорей, буксировку и снабжение морских буровых платформ, характеризуются повышенной насыщенностью судовой энергетической установки вспомогательным оборудованием, наличием специализированных механизмов и систем, а также необходимостью транспортировки технических жидкостей, которые в последствии используются для обеспечения процесса добычи нефтепродуктов. Эти жидкости (бурильные суспензии) выполняют функции смазывания, охлаждения и промывания бурового оборудования и являются их неотъемлемой частью. Их транспортировка на буровые платформы выполняется морскими специализированными судами, которые осуществляют их перевозку в грузовых танках. Время транспортирования зависит от удаленности буровой платформы от базового порта, скоростных характеристик судна, а также от внешних условий (погоды, ветра, волнения моря) и может достигать 7...10 дней. При этом, в связи с действием гравитационных сил, более тяжелые компоненты, входящие в состав бурительных суспензий, постепенно осаждаются в грузовых танках. Это приводит не только к ухудшению их функциональных характеристик за счет расслоения, но и способствует образованию плотных кремнийорганических и графитовых соединений на дне грузового танка. Результатом этого может стать полное отсутствие текучести бурительной суспензии и невозможность ее транспортировки из грузового танка специализированного судна на буровую платформу [2].

Постановка задачи. Поддержание реологических характеристик бурительных суспензий, является актуальной прикладной задачей (поскольку обеспечивает надежное функционирование оборудования и непрерывность процесса добычи и транспортировки углеводородного сырья), при этом ее решение, как правило, рассматривается и обеспечивается для континентальных месторождений, для условий, не учитывающих специфику транспортировки и передачи бурительных суспензий на морские или океанские буровые платформы. [3]. Вопросы обеспечения функциональных свойств и эксплуатационных характеристик подобных технических жидкостей применительно к морской отрасли практически не изучены; правила их транспортировки не имеют подтвержденных практических рекомендаций; латентное ухудшение их реологических показателей (вязкости, плотности, седиментационной стойкости) не всегда может быть определено, оценено и устранено судовым экипажем [4].

Задачей исследования являлось определение стратификации плотности технических жидкостей (бурильных суспензий) при их транспортировке в танках специализированного морского судна с последующей разработкой практических рекомендаций по обеспечению минимального уровня данной стратификации.

Результаты исследований. Экспериментальные исследования выполнялись на морском специализированном судне, обеспечивающем снабжение нефтедобывающих платформ.

Плотность бурильных суспензий в 1,3...1,5 раза превышает плотность нефтепродуктов (топлива и масла), находящихся на судне. Это (для обеспечения устойчивости) вынуждает располагать грузовые танки, в которых находится бурильные суспензии, ниже ватерлинии. К конструктивным недостаткам системы транспортировки бурильной суспензии также относится повышенная длина трубопроводов, обеспечивающих ее перекачивание с борта судна на океанскую или морскую платформу. Как первое, так и второе способствует росту гидродинамических потерь, повышает вероятность нарушения сплошности потока при движении суспензии по магистралям системы, а также может способствовать возникновению срывов всасывания грузовых насосов. Решение проблемы повышения однородности бурильной суспензии, транспортируемой в грузовых танках специализированных судов, предлагалось различными способами, к наиболее распространенным из которых относятся разбавление/промывание суспензии морской водой, паровой обогрев магистралей, добавление специальных присадок [5].

Одним из вариантов, обеспечивающих сохранение эксплуатационных свойств бурильных суспензий, а также поддержания необходимого технического и функционального состояния судовой системы транспортировки бурильной суспензии, является ее упрощение путем минимизации протяженности магистралей и трубопроводов, выбор оптимальной конструкции и режимов работы грузовых насосов, а также непосредственное воздействие на дисперсные компоненты суспензии [6].

Реализация подобной технологии возможна с применением дополнительной системы управления, которая должна обеспечивать:

- постоянный мониторинг плотности бурильной суспензии как в грузовых танках, так и на отдельных участках системы;
- возможность дополнительной принудительной циркуляции бурильной суспензии в грузовых танках;
- дистанционное открытие/закрытие клапанов перепуска и циркуляции;
- контроль давления всасывания грузовых насосов;
- контроль и сигнализацию уровня суспензии в грузовом танке.

Один из вариантов решения поставленной задачи был осуществлен за счет использования схемы, приведенной на рис. 1.

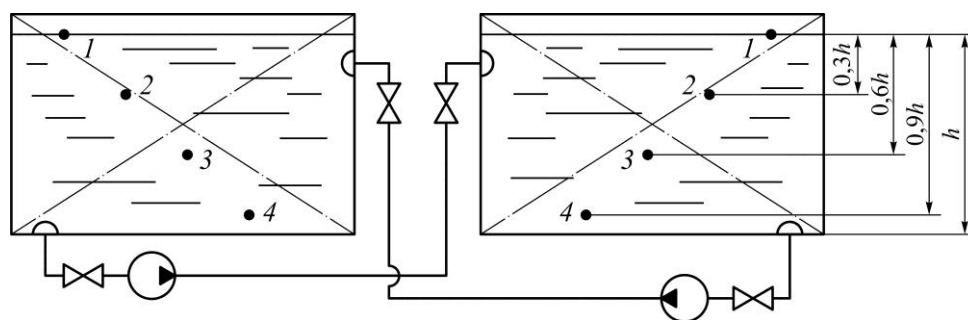


Рисунок 1 – Схема обеспечения дополнительной циркуляции и контроля плотности технических жидкостей, перевозимых в грузовых танках специализированных судов

В предлагаемом варианте комплектации схема была дооборудована трубопроводами циркуляции, соединяющими нагнетательную линию насоса (забирающего жидкость из нижней части танка) и верхнюю часть грузового танка. При этом обеспечивалось дополнительное движение жидкости из нижней части одного танка в верхнюю часть другого. При этом (по нашему предположению) должно было поддерживаться однородное состояние технической жидкости как находящейся в танке, так и всего ее объема, передаваемой впоследствии на буровую платформу. Контроль реологических характеристик технической жидкости осуществляется путем измерения плотности в различных точках грузового танка (точки 1, 2, 3, 4 на рис. 1). При этом, плотность жидкости в точке 1 соответствует плотности на поверхности, в точке 2 – на уровне 30 % от общей высоты столба жидкости – $0,3h$, в точке 3 – на уровне – $0,6h$, в точке 4 – на уровне – $0,9h$.

Конструкция специализированного судна и технология транспортирования технической жидкости предусматривала ее перевозку в четырех равноразмерных грузовых танках. В двух из них выполнялась модернизация (устанавливалась система дополнительной циркуляции в соответствии с рис. 1). Перевозка технической жидкости в двух других танках производилась в обычных условиях, без их модернизации. В обеих парах грузовых танков выполнялся контроль плотности технической жидкости на разной высоте (в точках 1, 2, 3, 4 – рис. 1) в следующем интервале времени: 6, 12, 18, 24 часа. По усредненным результатам измерения в одинаковых точках двух однотипных танков, построены номограммы, отражающие изменение плотности буровой суспензии во времени в разных по высоте танках точках измерения (рис. 2).

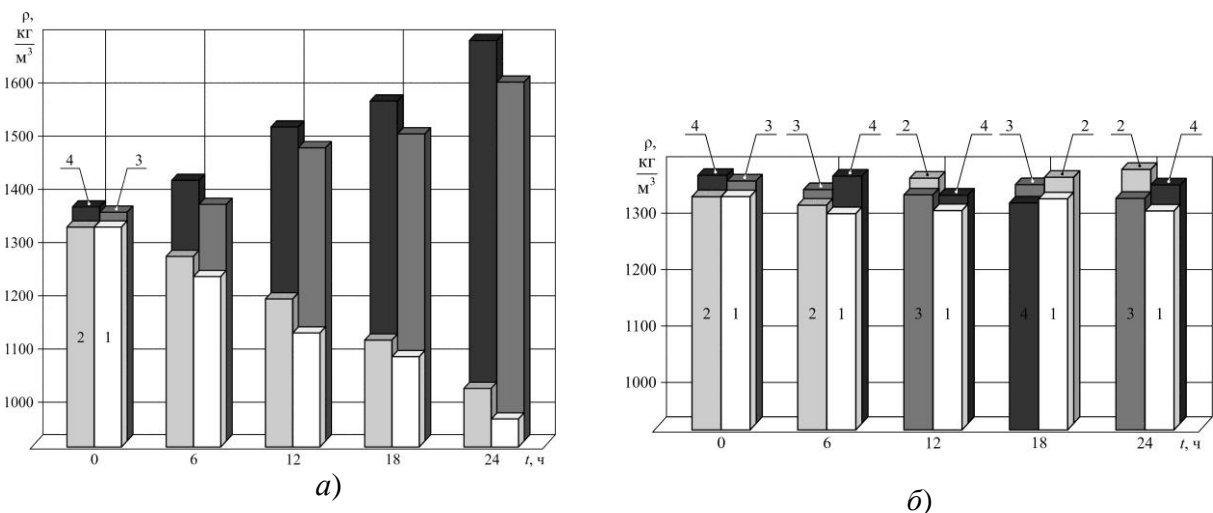


Рисунок 2 – Стратификация плотности буровой суспензии при различных условиях ее транспортировки: а) без циркуляции; б) с дополнительной циркуляцией;
1 – плотность жидкости на поверхности танка; 2 – на глубине 30 % общего объема;
3 – на глубине 60 %; 4 – на глубине 90 %

Выводы. В результате выполненных исследований сделаем следующие выводы.

1. В процесс транспортирования специализированными судами к буровым платформам высокоплотных жидкостей, легированных тяжелыми металлами, в результате процесса седиментации происходит латентное изменение их плотности по высоте слоя. Это вызвано неоднородностью данных жидкостей и воздействием гравитационных сил на компоненты, имеющие больший удельный вес (металлы, их соли и оксиды, а также другие грубодисперсные составляющие).

2. Седиментация высокоплотных жидкостей (буровых суспензий) в грузовых танках приводит к возникновению стратификации плотности жидкости, находящейся в грузовом танке, и выпадению более тяжелых компонентов в осадок, который накапливается

на дне танка. При этом стратификация плотности по глубине грузового танка в зависимости от времени транспортировки может составлять: 12,9 % (для 6 часов), 25,9 % (для 12 часов), 30,4 % (для 18 часов), 38,8 % (для 24 часов). Это вызывает изменение реологических характеристик технических жидкостей – расслоение и уменьшение текучести, что затрудняет и даже может сделать невозможным процесс их перекачивания на буровые платформы.

3. Поддержание реологических характеристик (плотности) технических жидкостей и обеспечение минимального уровня стратификации плотности (в диапазоне 3,6...5,2 % при времени транспортирования 6...24 часов) может быть обеспечено путем их дополнительной циркуляции в объеме грузового танка. При этом необходимо постоянно или периодически осуществлять контроль их плотности по глубине общего объема.

4. Система, обеспечивающая дополнительную циркуляцию технических жидкостей, включает циркуляционный насос, трубопроводы и арматуру и может быть установлена на специализированном судне в соответствии с технологической схемой непосредственно судовым экипажем. Мощность, необходимая для работы циркуляционных насосов, не оказывает существенного влияния на энергетические показатели судовой электростанции, которая для специализированных судов, обеспечивающих работу буровых платформ, характеризуется повышенными значениями и большим коэффициентом запаса.

5. Предложенная схема дополнительной комплектации системы транспортировки технических жидкостей повышает эффективность функционирования этих систем и снижает трудозатраты на их обслуживание и поддержание работоспособного состояния.

6. Предложенная технология может быть использована на специализированных морских судах, обеспечивающих функционирование морских буровых платформ континентального шельфа и морского дна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Karianskyi S. A., Maryanov D. M. Features of transportation of high-density technical liquids by marine specialized vessels // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration January 25, 2020. Part 2. Beijing, PRC. – P. 150-153. DOI. 10.34660/INF. 2020.24.53688.

2. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

3. Сагин С. В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.

4. Sagin S. V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils // Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments” Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. – P. 195-202.

5. Sagin S. V., Solodovnikov V. G. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.

6. Карьянский С. А., Марьянов Д. Н. Поддержание реологических характеристик технических жидкостей при их длительной транспортировке // Матеріали II Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету (MPP&O-2020 – Marine Power Plants and Operation), квітень 2020. – Одеса : Одеський національний морський університет. – С. 202-206.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТНОМ ФЛОТЕ

Настасенко В.А., Палагний В.И.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Работа относится к инновациям в сфере разработки перспективных путей экономии топлива на транспортном флоте.

Современные судна расходуют в сутки от 10 до 150 т. топлива на базе нефти. При общем количестве таких судов около 25 тыс штук, проблема экономии топлива является достаточно острой, Учитывая исчерпаемость запасов нефти на Земле, а также выделение газов парниковой группы при сжигании нефтяных топлив, актуальность решения задачи их экономии непрерывно возрастает. Поэтому решение данной задачи составляет главную цель выполняемой работы. Ее научную новизну составляет анализ наиболее перспективных путей экономии топлива и выработка рекомендаций по их применению на транспортном флоте и по дальнейшему развитию

Анализ состояния проблемы и постановка задач работы. О проблеме экономии нефти ведется речь со 2-й половины XX века. По первоначальным прогнозам ЮНЕСКО ее запасы могли быть исчерпаны к началу XXI века [1]. Однако ситуация изменилась с добычей нефти в глубинах океанов, что стало возможным после применения методов космической разведки полезных ископаемых на основе точного анализа траекторий движения спутников. Поэтому только разведанных в настоящее время запасов нефти хватит еще на 70 – 80 лет ее потребления, что отодвигает проблему ее исчерпаемости, но не решает общую проблему ее экономии и выбросов газов парниковой группы, что требует устранения данного недостатка.

В настоящее время сложились следующие пути экономии топлива на транспортном флоте:

- уменьшение мощности, вырабатываемой ДВС за счет снижения скорости движения судна;
- совершенствование ДВС и систем подвода в них топлива;
- совершенствование движителей (винтовых систем) судна;
- совершенствование корпуса и надстроек судна;
- уменьшение мощностей систем-потребителей энергии на судне;
- переход к новым видам топлива (газ, ядерное, на базе водно-угольных эмульсий [2], продуктов растительности и их отходов, биологических отходов и т. д.);
- применение альтернативной энергетики.

Анализ этих путей и выбор из них наиболее предпочтительных является результатом дальнейшего выполнения предлагаемой работы.

Обоснование предпочтительных путей экономии топлива.

Уменьшение мощности ДВС за счет снижения потребления топлива. Это наиболее распространенный путь, используемый в последние годы. Однако он ограничен условиями стабильности работы двигателя, для которого пределом является $\approx 70\%$ от его номинальной мощности. Другим неблагоприятным фактором является то, что снижение мощности ведет к снижению скорости хода судна и к увеличению времени доставки грузов, что уменьшает общую годовую транспортную работу. Этот путь оправдан только в том случае, когда для судна нет следующего рейса, а сроки доставки грузов не являются лимитирующими.

Усовершенствование ДВС и систем подвода в них топлива. Получило бурное развитие в конце XX и в начале XXI в.в. в связи с внедрением на судах высокоэффективной электроники и компьютерной техники. В первый период это давало возможность экономии

2...3% топлива, однако данные системы уже приблизились к пику своего совершенства и дальнейшая экономия топлив не превысит 0,1...0,2%.

Совершенствование конструкций ходовых винтов продолжается. В последние 5...10 лет появились винты с лопастями саблевидной формы, облегчающие их вход в воду, что позволяет экономить 1...2% топлива. Созданы дополнительные винты малого диаметра на коке ходового винта, что позволяет экономить до 1% топлива, а также винты-азиподы, создающие дополнительный упор главному винту и прирост толкающей корпус силы, что позволяет экономить 3...5% топлива. Однако данные системы также приблизились к пику своего совершенства, поэтому дальнейшая экономия топлив не превысит 0,1...0,2%.

Совершенствования корпуса и надстроек судна связаны с улучшением их обтекаемости водой и воздушным потоком. Скачек был 30 лет назад с появлением бульба. В настоящее время бульбы также близки к пику своего совершенства и дальнейшая экономия топлив не превысит 0,1...0,2%. Новое направление связано с плавной эллипсоидной формой носовой частью корпуса и надстроек, которая не разбивает волны (как это делает носовая часть корпуса со скулами), а протыкает их. При сильной волне экономия топлива может составлять 5...10%. Ведутся также разработки по пневмообдуву подводной части корпуса пузырьками воздуха, что снижает трение воды и дает возможность экономии 5...8% топлива. Эти работы пока еще не вышли за рамки экспериментальных и требуют дополнительных устройств и энергии для пневмообдува. Данный путь следует признать перспективным, но окончательное решение о его применении следует принять при сравнении экономических затрат, которые будут расти при падении стоимости топлива.

Уменьшение мощностей систем-потребителей энергии на судне. Скачек был связан с заменой проводников оптоволоконном, с переходом на полупроводниковые лампы, а также с уменьшением мощности автоматических и компьютерных систем, бытовой аппаратуры и т.д. Однако дальнейшая экономия топлив в этой сфере не превысит 0,1...0,2% из-за достигнутого уровня его совершенства. Более высокая экономия возможна при совершенствовании систем вентиляции, кондиционирования и охлаждения, подачи и сепарации топлива, подготовки и очистки воды, а также палубных машин и механизмов. Теоретически обоснованных скачков эффективности в этой сфере не ожидается, поэтому экономия топлив не превысит 0,1...0,2%.

При переходе на новые виды топлива следует учитывать, что замена дизельного топлива тяжелым не ведет к его экономии, а, наоборот, к повышению его расхода на 5...10% за счет меньшей энергии сгорания. Кроме того, общество проигрывает еще раз, за счет роста вредных выбросов при сгорании тяжелого топлива. Выгоду получает лишь судовладелец за счет меньшей его стоимости. При переходе на природный газ количество вредных выбросов (но не газов парниковой группы) уменьшается, но его расход растет за счет меньшей энергии сгорания. Однако срок исчерпания запасов газа на Земле отодвигается на 30...40 лет, потому, что его больше, чем нефти. Эти 2 фактора дают выгоду обществу, выгода судовладельца в снижении стоимости газа. Однако недостаток данного пути – взрывоопасность, что является потенциальной угрозой для экипажа.

Второй путь – переход на топливо на базе водно-угольных эмульсий [2] затруднен тем, что при длительном его хранении возможно выпадение угольной пыли в осадок. Это чревато засорением систем хранения и подвода топлива, либо требует создания систем их вибрации с энергетическими затратами на их работу. А от вибраций потребуется защищать экипаж и корпус судна.

Третий путь – переход к топливу на базе продуктов растительности и их отходов, а также биологических отходов, в т.ч. продуктов жизнедеятельности животноводства и т. д., возможен только для малотоннажных судов, поскольку для судов средней и большой тоннажности требуются значительные площади для выращивания сырья под эти топлива. Однако на Земле, где часть населения голодает, таких площадей не хватает для

выращивания продуктов питания, что ограничивает возможности этого пути в пределах 10% потребностей транспортного флота.

Следует отдельно выделить путь перехода на ядерное топливо. Однако кроме угрозы окружающей среде, он ведет к резкому росту угрозы терроризма, поэтому на транспортном флоте данный путь неприемлем.

Наиболее перспективным альтернативным топливом в настоящее время считается водород. При получении его электролизом из воды – запасы сырья неистощимы. Кроме того, при его сгорании получается исходный продукт – вода и не выделяются вредные вещества. Однако остро стоят вопросы его получения, поскольку для электролиза на выработку электроэнергии, с учетом к.п.д. процесса, потребуется больше топлива, чем при его прямом сжигании, со всеми вытекающими из этого негативными процессами. Кроме того, возникает проблема применения H_2 , поскольку при высокой скорости сгорания (практически – взрыв) в ДВС с цилиндрами большого объема требуется значительное повышение их прочности, что ведет к росту их массы, либо к применению более дорогих высокопрочных материалов, которые резко повысят стоимость двигателей. Требуется также решение второй сложной технической задачи – преодоления сил инерции поршней и кривошипно-шатунной системы большой массы, что практически ограничивает реально достижимую мощность водородных ДВС до 500 кВт. Второй путь применения водородного топлива возможен в паровых котлах для турбин. Однако при этом увеличивается количество преобразований для получения энергии движения судна, что снижает общий к.п.д. системы, который в ДВС достигает 53%. Третий путь – прямое применение H_2 в газовых турбинах, затруднен высокой температурой сгорания ($2500^\circ C$), которую неспособны выдерживать современные материалы их лопаток. Четвертый путь – применение H_2 в мембранных топливных электрохимических элементах [3]. Однако его возможности ограничены засорением мембран, что снижает их к.п.д. с 80 до 50% и ведет к потребности их замены в течение полугода эксплуатации. Поэтому стоимость такой энергии в 3...5 раз дороже полученной в ДВС и перспективы качественного скачка в данной сфере в ближайшие 10...20 лет, с учетом 20 летнего опыта предыдущих разработок, вызывают сомнения. Поэтому более предпочтителен, в т.ч. по срокам создания и условиям применения для судов, 5-й путь – подводные бортовые ракетные водородные двигатели, что было впервые предложено в [4]. Основным путем получения H_2 принят электролиз воды с применением альтернативной энергетики: солнечной, ветряной, гидроволновой, которые не ведут к выбросам CO_2 .

Применение альтернативной энергетики (ветряной, солнечной, гидроволновой) связано с наибольшими ожиданиями в экономии топлива (до 10%).

В ветряной энергетике 1-й путь связан с применением парусов, которые относятся к системам попутного принципа действия и создают только тягу, поэтому применимы лишь для транспорта. Однако любые паруса, при собственной скорости судна в 14 узлов, или 7 м/с, неэффективны при ветрах со скоростью, меньшей скорости судна. Учитывая, что в зоне от 40-х северных, до 40-х южных широт (зона $\frac{3}{4}$ перевозок транспортного флота) среднегодовая скорость ветра < 5 м/с, а в зоне экватора устанавливается многомесячный штиль, поэтому паруса с их дорогими высокопрочными мачтами и автоматическими системами подъема-опускания становятся бесполезным грузом, который уменьшает транспортную работу судна.

Более перспективным для судовых ветряных систем признан 2-й путь – на базе электроэнергетических колес, которые создают электрическую энергию, универсальную для применения. Эффективны лишь системы, которые вплотную размещены на лобовой стороне надстроек [5], что позволяет часть их вредного сопротивления встречному потоку воздуха превратить в полезную работу. При этом они работают даже в безветренную погоду, за счет собственной скорости движения судна. Однако их мощность ограничена

лобовой площадью надстроек, поэтому не превышает 1...3 МВт, что ограничивает экономию топлива в 1...3%.

Аналогичную экономию топлива способны дать солнечные электроэнергетические системы, поскольку их мощность составляет 0,175 кВт/м² из-за низкого к.п.д., а площади для их размещения на судне – ограничены. Перспективны крытые паромы, танкеры и газозовы, при решении проблемы их безопасности.

Наибольшую возможную мощность среди всех видов альтернативной энергетики способны развивать гидроволновые энергетические системы. Предпочтительными признаны установки маятникового типа по патентам [6-8], которые размещены внутри корпуса судна, что обеспечивает их надежную защиту от действия волн. Для повышения мощности системы, в патенте [8] в корпусе судна предложено выполнение вставных грузовых трюмов с дуговым основанием, которым они установлены на опорные ролики, связанные с валом ротора электрогенератора. Такой энергетический модуль длиной 100 м и шириной 24 м обеспечивает выработку электрической энергии мощностью от 3 МВт при высоте волн 0,5 м, до 9 МВт при высоте волн 3 м, что приемлемо для судов транспортного флота. Однако при этом требуется существенная переделка судна и снижается объем перевозимых грузов за счет дуговой формы оснований вставных грузовых трюмов. Поэтому более целесообразен путь применения предлагаемых гидроволновых систем [8], как прибрежных электростанций, обеспечивающих выработку электроэнергии для электролиза водорода, который далее используется, как топливо для сулен, или для энергообеспечения прибрежных населенных пунктов.

Затраты на выработку электроэнергии предлагаемой гидроволновой системой ниже, чем ветряной и солнечной и близки к затратам ее производства в ТЭЦ, что обеспечивает возможности для широкого внедрения предлагаемых разработок.

Выводы. Приведенные сведения показывают, что наиболее эффективным путем экономии традиционных судовых топлив и уменьшения вредных выбросов от его сжигания является переход на водородное топливо с получением его электролизом на гидроволновых электростанциях и дальнейшим его применением в ракетных двигателях транспортных судов. Необходимо широкое обсуждение данных проблем и возможностей в печати и на научно-технических конференциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кемпбел К. Грядущий нефтяной кризис –М.: Группа независимых издателей, 1997. 210 с.
2. Белоусов Е.В. Создание и совершенствование твердотопливных поршневых двигателей внутреннего сгорания – Херсон: ОАО "ХГТ", 2006. – 452 с.
3. Прохоров И. Ю., Акимов Г. Я. От топливных ячеек к водородным элементам: твердые электролиты и наноэлектроды // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – № 3 (73). – С. 66–74.
4. Настасенко В.А., Подкорытов А.М. Современная концепция развития судовых двигателей внутреннего сгорания /Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – С-Пб: № 2(10) 2011. – С. 50-56.
5. Патент України на винахід. № 113088 МПК F 03D 1/02 Спосіб установки на судні системи вітрових генераторів барабанного типу. Заявка № 2014 12388 Від 18.11.14 р. Патеновласник і авт. винах. Настасенко В.О. Бюл. Патенти України № 23 від 12.12.16.
6. Патент Российской Федерации на изобретение № 2396673 МПК H02K 19/00. Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. Заявка № 2009100832/09 от 12.01.09. Патентовладелец и авт. изобр. Настасенко В.А. БИ № 22 от 10.08.2010.

2. Патент Российской Федерации на изобретение № 2615288 МПК H02K 19/00. Маятниковый гидроволновой генератор электрического тока. Заявка № 2012125508/20 от 19.06.12. Патентовладелец и авт. изобр. Настасенко В.А. БИ № 10 от 04.04.17.

3. Патент Российской Федерации на изобретение № 2626188 МПК F 03H 13/20, H02K 35/00. Плавучая прибрежная гидроволновая электростанция. Заявка № 2014103002/20 от 28.01.14. Патентовладелец и авт. изобр. Настасенко В.А. БИ № 21 от 24.07.2017.

СНИЖЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Сагин С.В.

*Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)*

Введение. Энергия топлива, сгораемого в цилиндре двигателя внутреннего сгорания (ДВС), с помощью кривошипно-шатунного механизма (КШМ) преобразуется в кинетическую энергию вращения коленчатого вала дизеля. При поступательном движении поршня в цилиндре дизеля возникают неизбежные потери в трибологической системе втулка цилиндра – смазочный материала – поршневые кольца. Передача поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала и связанного с ним потребителя энергии (винта, когда дизель выполняет функции главного двигателя, или электрического генератора, если дизель выполняет функции вспомогательного двигателя) невозможна без использования подшипников скольжения (мотылевых и рамовых), а также подшипников валопровода (упорных и опорных). Именно в этих узлах трения и возникают основные потери энергии, которые относят к категории неизбежных затрат при получении полезной работы [1, 2].

Актуальность исследований. Потери энергии при передаче полезной (индикаторной) мощности к потребителю лежат в широких пределах, и могут составлять 6...10 % – в случае эксплуатации судовых ДВС на номинальном режиме, и до 100 % – при эксплуатации на холостом ходу. Минимизации этих потерь и обеспечение минимальных значений в течении длительного времени является актуальной задачей, на решение которой направлены научные исследования, проводимые как дизелестроительными корпорациями, так и отдельными фирмами и институтами [3].

Самым характерным узлом ДВС, в котором происходит поступательное движение, является цилиндропоршневая группа, а конкретно – пара трения поршневое кольцо – цилиндрическая втулка. При правильной центровке деталей КШМ (поршня в кривошипном подшипнике или поршня и шатуна) между поршнем и втулкой цилиндра обеспечивается минимальный зазор, который полностью компенсируется за счет уплотняющего действия поршневых колец. При этом обеспечивается отсутствие воздушных и газовых протечек в объеме цилиндра и кинетическая энергия газов, образовавшихся в цилиндре при сгорании топлива, полностью используется для совершения поступательного перемещения поршня. В случае повышенного износа поршневых колец или их поломки происходит рост минимально неизбежных потерь энергии и снижение эффективных показателей работы дизеля (мощности и коэффициента полезного действия).

Постановка задачи. Обеспечение процесса энергопреобразования с минимально допустимыми необратимыми потерями при поступательном движении в узлах трения судовых ДВС возможно за счет управления реологическими характеристиками (вязкостью и реологической стойкостью) и качественными показателями (степенью упорядоченности молекул и толщиной смазочного слоя) моторного масла, разделяющего контактирующие поверхности. В связи с этим, задачей исследования являлось разработка технологии поддержания минимально неизбежных потерь энергии в судовых ДВС.

Результаты исследований. Эксперименты выполнялись на судовом малооборотном дизеле 12K98ME-C7 MAN-B&W с номинальной мощностью $N_{ном}=64080$ кВт при частоте вращения $n_{ном}=94$ об/мин [4, 5].

Смазывание цилиндропоршневой группы дизеля обеспечивается лубрикаторной (цилиндровой) системой, в которой используются масла с щелочным числом (Total Base

Number – TBN) 30...80 мгКОН/г (где КОН – содержание щелочи в масле). Принципиальная схема системы приведена на рис. 1.

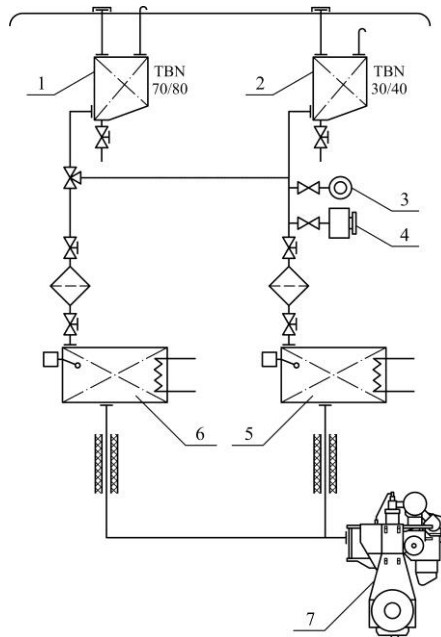


Рисунок 1 – Схема цилиндрической системы смазывания дизеля: 1, 2 – цистерна цилиндрического масла; 3 – расходомер; 4 – дозатор присадки; 5, 6 – расходные цистерна масла; 7 – дизель

Для исследований приведенная на рис. 1 система дооборудовалась дозатором присадки и расходомером, позволяющим производить подачу присадки с требуемой концентрацией (позиции 3 и 4). Наличие двух цистерн моторного масла (позиции 1 и 2) давало возможность использования для разных групп цилиндров смазочного материала с различными характеристиками. Эксперименты выполнялись во время океанского перехода судна продолжительностью 11...12 дней только на установившихся режимах работы дизеля. Постоянство нагрузки на дизель определялось неизменной частотой вращения коленчатого вала и постоянной цикловой подачей топлива. На протяжении всего эксперимента дизель работал на одном и том же сорте топлива RMK700 (с содержанием серы 2,7 %). Это давало возможность как в одной из цистерн, предназначенных для использования моторного масла Castrol CL 70 с TBN 70...80 (позиция 1 на рис. 1), так и в другой, предназначенных для использования моторного масла с TBN 30...40 (позиция 2 на рис. 1), временно использовать одно и то же масло Castrol CL 70 с TBN 70 мгКОН/г. Однако, в масло, поступающее в дизель из цистерны 2, дополнительно вводилась поверхностно-активная присадка, обеспечивающая образование наноструктурированных граничных смазочных слоев с большим параметром порядка и большей толщиной [6]. Подача масла Castrol CL 70 без присадки осуществлялась в цилиндры 1-6, а масла с присадкой – в цилиндры 7-12 дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W.

Отбор проб масла и их дальнейший анализ выполнялся в судовой технической лаборатории фирмы Unitor через каждые 20 часов работы дизеля в соответствии с рекомендованной технологией и последовательностью [7]. При этом, для каждого цилиндра дизеля устанавливалось свое значение подачи цилиндрического масла. Отклонение ее величины по цилиндрам не превышало 5 % от среднего значения. Из подпоршневого пространства каждого цилиндра выполнялся отбор проб отработавшего масла с последующим определением в судовой технической лаборатории содержания в масле металлических примесей, Fe, ppm, и остаточное щелочное число, BN, мгКОН/г. По содержанию металлических примесей Fe, ppm, в отработавшем масле возможно оценить

уровень минимально неизбежных потерь энергии при поступательном движении в паре трения поршневое кольцо – цилиндровая втулка. Чем выше значение Fe в отработавшем масле, тем больше износ данной пары трения, а следовательно больше как контактные взаимодействия, так и минимально неизбежных потерь энергии. Значение остаточного щелочного числа BN, мгKOH/г, характеризует (в том числе) гидравлическую плотность трибологической системы поршневое кольцо – смазочный слой – цилиндровая втулка. Чем выше этот показатель, тем меньшая часть газов, образующихся в цилиндре при сгорании топлива, проходит по зеркалу цилиндровой втулки через возможные неплотности между поршневыми кольцами и цилиндровой втулкой. Таким образом, в цилиндре вместе с топливом сгорает меньшая часть масла, находящаяся только над верхним/верхними поршневыми кольцами. Результаты выполненных исследований приведены на рис. 2.

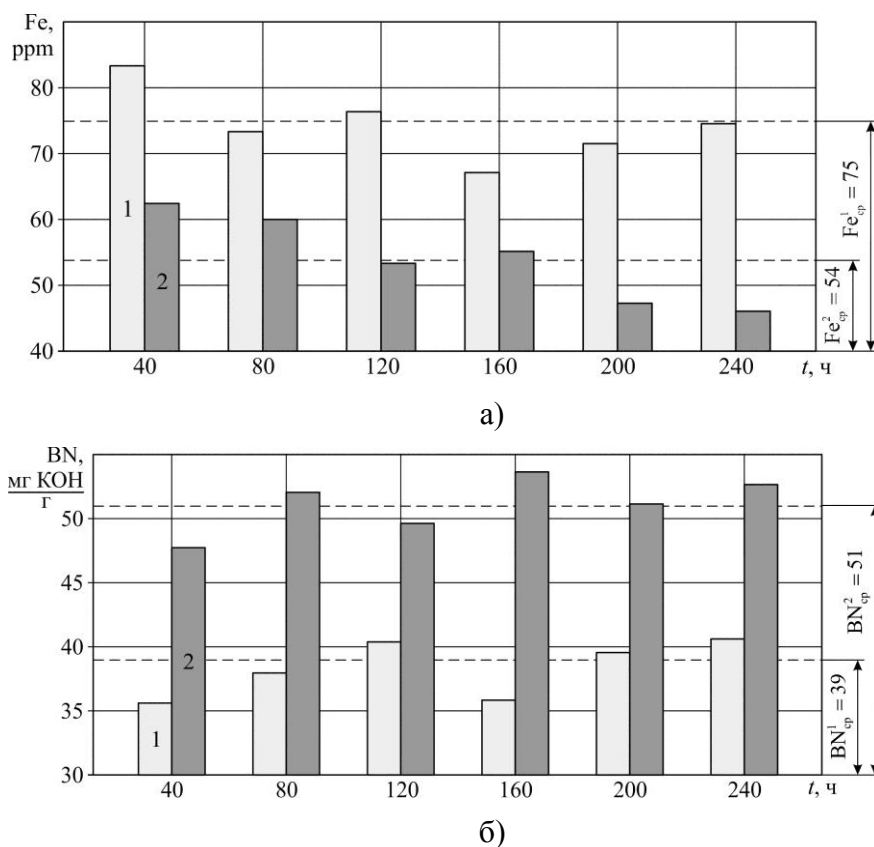


Рисунок 2 – Изменение содержания металлических примесей (а) и остаточного щелочного числа (б) в отработавшем масле при различных условиях эксплуатации дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W: 1 – работа на «чистом» масле; 2 – работа на масле с поверхностно-активной присадкой

Выводы. Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Минимально неизбежные потери энергии, возникающие при возвратно-поступательном движении в узлах трения судовых двигателей внутреннего сгорания (в частности при перемещении поршня в цилиндре), могут быть оценены по характеристикам отработавшего масла, взятого из его подпоршневого пространства (для дизелей, работающих по двухтактному циклу). При этом в качестве критерия целесообразно использовать содержание металлических примесей в отработавшем масле и его остаточное щелочное число. Увеличение содержания механических примесей свидетельствует о повышении уровня контактных взаимодействий в паре трения поршневые кольца – втулка цилиндра и возрастанию минимально неизбежных потерь энергии. Значение остаточного щелочного числа масла, использующегося для смазывания цилиндропоршневой группы

дизеля, может характеризовать гидравлическую плотность трибологической системы поршневое кольцо – смазочный слой – цилиндровая втулка. При этом бóльшим значениям остаточного щелочного числа масла соответствует бóльшая гидравлическая плотность и меньшие значения минимально неизбежных потерь энергии.

2. Моторные масла, используемые в системах цилиндрического смазывания двухтактных дизелей, образуют на контактных поверхностях наноструктурированный граничный смазочный слой, который характеризуется качественными показателями: толщиной и степенью упорядоченности молекул. Для увеличения этих показателей используются поверхностно-активные присадки, которые вводятся либо в общий объем системы смазывания, либо непосредственно в масляную магистраль перед дизелем.

3. Экспериментально подтверждено, что применение поверхностно-активных присадок способствует снижению содержания металлических примесей в отработавшем цилиндрическом дизеле масле и повышению его остаточного щелочного числа. Для малооборотного двухтактного дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W (на котором проводились исследования) усредненные за время 240-ка часового эксперимента значения этих величин находятся в пределах: содержание механических примесей 75 ppm, остаточное щелочное число 39 мгКОН/г (при первоначальном значении 70 мгКОН/г) – в случае работы дизеля на масле без присадки; 54 ppm, 51 мгКОН/г (при таком же первоначальном значении 70 мгКОН/г) – в случае работы дизеля на масле с использованием поверхностно активной присадки; таким образом достигается 28 %-е снижение содержание механических примесей и 17,2 %-е повышение остаточное щелочное число в отработавшем масле.

4. Управление структурой наноструктурированного граничного смазочного слоя, заключающееся в использовании поверхностно активных присадок, способствует поддержанию минимально неизбежных потерь энергии в судовых двигателях внутреннего сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сагин С. В. Определение диапазона стратификации вязкости смазочного материала в трибологических системах судовых дизелей / С. В. Сагин // Вісник Одеськ. нац. мор. ун-ту, 2019. – Вип. 1(58). – С. 88-98.
2. Сагин С. В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.
3. Сагін С. В. Зниження енергетичних втрат в прецизійних парах паливної апаратури судових дизелів // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб., 2018. – Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 132-142.
4. Сагин С. В., Заблоцкий Ю. В. Влияние анизотропных жидкостей на работу узлов трения судовых дизелей // Проблемы техники : наук.-виробн. журнал, 2012. – № 4. – Одесса : ОНМУ. – С. 68-81.
5. Sagin S. V., Semenov O. V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specification // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627.
6. Sagin S. V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils // Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments” Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. – P. 195-202.
7. Сагин С.В. Исследование трибологической системы поршневое кольцо – втулка цилиндра судовых дизелей // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції MINTT-2018, 29-31 травня 2018 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018. – С. 352-355.

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОДЕКАБОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Одинцов В.В.

Херсонский государственный аграрно-экономический университет

(Украина)

Корень Е.В.

Морской институт последипломного образования имени контр-адмирала Ф.Ф. Ушакова

(Украина)

Введение. Техника и производство постоянно требуют новые материалы с комплексом свойств: широким спектром электрических, магнитных характеристик, высоких температур плавления, повышенной устойчивости против воздействия кислот и их смесей, поглощения радиоактивных излучений, специфическими механическими, прочностными свойствами, пластичностью и т.п. Среди важных научных да и практических задач, можно выделить разработку методов получения боридных фаз с повышенной пластичностью, что позволит существенно расширить области использования их на практике, - ведь тугоплавкие соединения, к которым относятся бориды, карбиды, силициды и другие соединения, как правило, весьма тверды, хрупки и характеризуются специфическими прочностными свойствами.

Актуальность исследований. Проблемы прочности, хрупкости, пластичности материалов, соединений – одна из важнейших в физике конденсированного состояния и материаловедении. Механические свойства материалов представляют собой внешнее выражение тех сложных процессов в электронной структуре атомов, природы химической связи, энергии взаимодействия, которые реализуются при образовании твердых тел.

Формирование структуры из разных атомов, как правило, сопровождается изменением физических свойств соединений. При этом изменяются, в том числе, и механические свойства – упругость, прочность, вязкость, пластичность. Эти свойства называют структурно-механическими или реологическими.

Изучение прочностных характеристик додекаборидных фаз позволяет установить взаимосвязь этих параметров с атомным составом, кристаллической структурой, электронным строением соединений, характером химической связи, длинами этих связей, т. е. «жесткостью» этих связей, а, следовательно, и энергетическими, силовыми, механическими характеристиками.

Среди современных материалов можно выделить изоморфную группу додекаборидов редкоземельных металлов со структурой типа UB_{12} : YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} , UB_{12} , физические свойства которых изучены недостаточно, особенно это касается их прочностных, механических характеристик: модуля упругости (модуля Юнга), модуля сдвига, коэффициента Пуассона, хрупкости, пластичности и других.

Постановка задачи. Настоящая работа ставит своей задачей изложить результаты исследований микротвердости, основных механических характеристик, хрупкости и пластичности додекаборидных фаз - тугоплавких соединений типа MeB_{12} (Me – элемент иттриевой подгруппы редкоземельных металлов), полученных методами порошковой металлургии в сравнении с таковыми для чистого бора и монокристаллических додекаборидных фаз.

Результаты исследований. Свойства соединений во многом определяются их составляющими. Для рассматриваемых додекаборидов - это бор и редкоземельные элементы иттриевой подгруппы, цирконий и уран.

Нет необходимости излагать все данные о боре. Укажем лишь на его кристаллографические особенности и связи между атомами. Для структуры α -бора, характерны икосаэдры из 12 атомов бора. Расстояние между атомами бора в середине икосаэдра $1,71 \cdot 10^{-10}$ м, между атомами в разных икосаэдрах – $1,68 \cdot 10^{-10}$ м [1].

Среди механических свойств бора известны: модуль Юнга 390 ГПа, модуль сдвига 320 ГПа, микротвердость 3300 кг/мм^2 [2].

Бор склонен к образованию кубической симметрии (решетки), особенно при легировании металлами.

Редкоземельные элементы – лантаноиды – типичные представители f-переходных металлов, механические свойства которых: модуль Юнга (модуль нормальной упругости $(60 \div 90)$ ГПа, микротвердость $(70 \div 90) \text{ кг/мм}^2$) известны [3].

Структуру типа UB_{12} – додекаборид можно вывести из структуры NaCl, если поместить вместо атомов натрия атомы урана, а вместо атомов хлора – комплексы B_{12} . Додекаборид можно представить как каркас из атомов B_{12} и второй подрешетки атомов металла (рис.1).

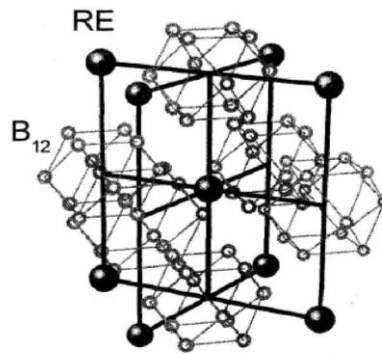


Рисунок 1 – Кристаллическая структура додекаборидов редкоземельных металлов типа UB_{12} в пространстве

При образовании структуры MeB_{12} реализуются два типа расстояний В-В, из которых В-В внутри кубооктаэдров короче ($1,794 \cdot 10^{-10}$ м), чем экстремальные расстояния В-В ($1,809 \cdot 10^{-10}$ м), расстояние Ме-В $\approx 2,771 \cdot 10^{-10}$ м, расстояние Ме-Ме $\approx 5,302 \cdot 10^{-10}$ м.

В додекаборидах сохраняются группы B_{12} , свойственные чистому бору.

Додекабориды редкоземельных элементов иттриевой подгруппы синтезировали методом боротермического восстановления окислов соответствующих металлов с использованием избыточного бора в шихте, что позволило путем двухступенчатого процесса получать однофазные материалы [4].

Микротвердость додекаборидов определяли на приборе ПМТ-3. Измерения проводили на специально подготовленных шлифах. Выявление структуры после полирования производили химическим травлением, при этом удалялся и наклепанный слой. Площади зерен составляли в среднем $\approx 40 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$ класса G₅ (крупные) согласно ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы.

Численные значения микротвердости 3200, 3000, 2600, 2400, 2700, 2800, 3000, 2900 кг/мм^2 соответственно для додекаборидов YB_{12} , ZrB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , LuB_{12} (при нагрузке 100 г). Для додекаборида иттербия при нагрузке 50 г и более наблюдаются сколы, $H_{30}=3300 \text{ кг/мм}^2$.

Перед тем как экспериментально исследовать механические свойства додекаборидов нами были выполнены теоретические расчеты значений указанных величин по известным

формулам для тугоплавких соединений (формула Френкеля $\alpha = \frac{n \cdot k}{n \cdot R^3 \cdot E}$; $E = \frac{n \cdot k}{\alpha \cdot n \cdot R^3}$;

формула Францевича $E = \frac{\Theta^2 \cdot M^{2/3} \cdot \gamma^{1/3}}{1,6818^2 \cdot 10^{-6}}$; формула Кестера и Францевича

$f(\mu) = \left[\left(\frac{1+\mu}{3 \cdot (1-\mu)} \right)^{3/2} + 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot (1+\mu)}{3 \cdot (1-2 \cdot \mu)} \right)^{2/3} \right]$; $f(\mu) = \frac{3,34 \cdot 10^7 T_{nl}^{3/2}}{A \cdot \gamma^{1/2} \cdot C \cdot V^{3/2} \cdot \Theta^3}$; $G = \gamma \cdot v_m^2$ с использованием

коэффициента расширения (α), характеристической температуры (Θ), температуры плавления (T_{nl}), скорости распространения звука и др. [5, 6, 7].

После этого, учитывая размеры образцов додекаборидов, нами статическим методом для призматической балки прямоугольного сечения, заземленной с одного конца, дополненной зеркальным угломером, и динамическим методом (в основе этого метода косвенного измерения динамического модуля Юнга лежит сравнение рассчитанных и экспериментальных частот собственных колебаний) получены экспериментальные значения основных механических параметров додекаборидов.

Схемы установок и методика проведения экспериментов описаны в [8].

Рассчитанные значения и экспериментально полученные механические параметры додекаборидов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения модуля Юнга додекаборидов редкоземельных металлов и циркония (рассчитанные и полученные экспериментально)

Фаза	YB ₁₂	TbB ₁₂	DyB ₁₂	HoB ₁₂	ErB ₁₂	TmB ₁₂	YbB ₁₂	LuB ₁₂	ZrB ₁₂
Модуль Юнга E _{расч} , ГПа	220	200	200	210	220	210	200	220	190
Модуль Юнга E _{стат} , ГПа	250	-	190	190	195	197	198	210	200
Модуль Юнга E _{дин} , ГПа	240	-	198	178	165	210	230	230	182
Модуль Юнга E, ГПа [9] (монокристал.)	-	-	-	213	214	233	-	232	234

Результаты исследования микротвердости додекаборидов редкоземельных металлов, полученных методами порошковой металлургии, были использованы для определения характеристики пластичности - параметра пластичности по формуле (1) и приведены в таблице 2.

$$\delta_H = 1 - 10,2(1 - \nu - 2\nu^2) \frac{HM}{E} \quad (1)$$

где ν – коэффициент Пуассона; HM – микротвердость, ГПа; E – модуль Юнга, ГПа.

Таблица 2 – Результаты исследований по определению параметра пластичности додекаборидов редкоземельных металлов

Фаза	YB ₁₂	TbB ₁₂	DyB ₁₂	HoB ₁₂	ErB ₁₂	TmB ₁₂	LuB ₁₂	ZrB ₁₂
Параметр пластичности, δ_H	0,40	0,60	0,59	0,44	0,50	0,48	0,52	0,56

Значения механических констант додекаборидов значительно ниже по значениям, чем у чистого бора (модуль Юнга 390 ГПа, модуль сдвига 320 ГПа, микротвердость 3300

кг/мм² [2]) $\frac{E_B}{E_{MeB_{12}}} \approx 2$ и других боридных фаз, ведь во многих литературных источниках

утверждается, что в ряду $MeB_2 \rightarrow MeB_4 \rightarrow MeB_6 \rightarrow MeB_{12}$ происходит нарастание жестких ковалентных связей, что должно приводить к повышению значений механических параметров. При этом, по-видимому, не учитывается роль металлического атома в структуре додекаборида. Эти внедренные атомы существенно изменяют величины связей между атомами [4, 10] бора: они между группами B_{12} увеличиваются с $1,68 \cdot 10^{-10}$ м в чистом боре до $1,718 \cdot 10^{-10}$ м, т.е. силы связи между группами B_{12} в MeB_{12} ослабевают, а редкоземельные атомы вообще слабо связаны как с борной подрешеткой, так и друг с другом (длины связей соответственно $2,788 \cdot 10^{-10}$ м (Me-B) и $5,302 \cdot 10^{-10}$ м (Me-Me)), что и должно приводить к снижению значений механических характеристик додекаборидов в сравнении с чистым бором и другими боридными фазами.

Для тугоплавких материалов, как прочностная характеристика, существенное значение имеет пластичность. Параметр пластичности алмаза 0,16, для кремния и германия 0,30 и 0,42, для карбидов SiC (0,32), Al_2O_3 (0,42), для WC (0,83), для боридов LaB_6 , TiB_2 , $ZrB_2 \approx 0,5$; для чистых металлов $0,9 < \delta_H < 1,0$. Таким образом, додекабориды редкоземельных металлов в сравнении с другими боридными фазами MeB_2 , MeB_4 , MeB_6 достаточно пластичные тугоплавкие соединения. Их пластичность близка к пластичности сплавов и выше, чем у карбидов, силицидов и керамических материалов.

Выводы. Значения механических характеристик, упругих констант порошковых спеченных додекаборидов редкоземельных металлов, рассчитанные по апробированным практиками формулам Францевича, Френкеля, Кестера-Францевича, и полученные нами экспериментально, совпали по величине и составили 190, 190, 200, 200, 200 ГПа для ZrB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , LuB_{12} соответственно, к тому же оказались близкими и к экспериментальным, и теоретическим, расчетным, определенным на монокристаллических образцах этих додекаборидов – 234, 213, 214, 233, 232 ГПа (литературные данные [9]).

При высоких значениях микротвердости додекаборидов, определяемых поверхностными свойствами, механические параметры их, связанные с внутренним строением, межатомными расстояниями, силами связи, значительно меньше, чем у чистого бора и других боридов, что можно связать с „разрыхляющим“ влиянием атомов редкоземельных металлов в структуре этих соединений. Атомы металлов, внедряясь в пустоты между группами B_{12} и увеличивая расстояния B-B между этими группами, уменьшают энергию связи.

Высокие значения твердости и механические характеристики додекаборидов редкоземельных металлов и циркония предполагают их использование в качестве абразивов при обработке пластических металлов и сплавов, обеспечивающих высокую чистоту обработки, и в других областях техники и производства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hoard J., Hughes R. Crystal structure of aluminium borides/ Hoard J., Hughes R.// The chemistry of boron and compounds. New York; London; Sydney; Jons Willey and sons, 1967. – P. 25-154.

2. Некоторые механические свойства кристаллов – β - ромбоэдрического бора. Сб. «Бор. Получение, структура и свойства»/ Цагарейшвили Г.В. и др. –М.: Наука. 1974.- С.121-125.

8. Физико-химические свойства элементов. Справочник/ Редактор Г.В. Самсонов, 1965. – С.368.

3. Одинцов В.В. Додекабориди рідкісноземельних металів – К.: Херсонська міська друкарня, 1992. – 57с.

4. Френкель Я.И. Введение в теорию металлов [Текст] /Френкель Я.И. - ГИТТЛ, 1959.
5. Köster W. Metallkunde/ Köster W., Rauscher W.Z. – v.39. - 1948. – P.111-120.
6. Францевич И.Н. Упругие постоянные металлов. В сб. «Вопросы порошковой металлургии и прочности металлов» /Францевич И.Н. - Вып.3. - Изд-во АН УССР, 1958.
7. Одинцов В.В., Корень Е.В., Скирденко В.О. Изучение основных механических свойств додекаборидов редкоземельных металлов // Вісник Херсонського національного технічного університету: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХНТУ, 2014. – №1(48) – 216 с.-С.21-25.
8. G.E. Grechnev, A.E. Baranovskiy, T.V. Ignatova, I.G. Kolosov and A.V. Logosha, N.Yu. Shitsevalova, V.B. Filippov, Olle Frikson. Electronic structure and bulk properties of MB_6 and MB_{12} borides// Fizika Nizkikh Temperatur, 2008. – v.34. – No11. – P.1167-1176.
9. Kiessling R. The borides of Manganese/ Kiessling R.// Ibid, 1950. – 4. – P.146-159.

РОБАСТНЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Хлопенко Н.Я.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. В частотно-регулируемых асинхронных электроприводах, функционирующих в условиях неопределенности, существенное значение имеет задача робастной стабилизации частоты вращения электродвигателя с заданной точностью. Известно несколько методов, которые могут быть использованы для решения этой задачи. К ним относятся методы адаптивного и робастного управления, матричных неравенств, инвариантных множеств, инвариантных эллипсоидов, скользящих режимов, большого коэффициента усиления и др. Из них наибольшее применение находит метод синтеза стабилизирующего H_∞ -субоптимального робастного регулятора. В работах [1-4] на базе этого метода разработаны методология научного исследования, методика расчета и проектирования принципиальной электрической схемы H_∞ -регулятора системы управления потокосцеплением ротора при случайных вариациях неопределенных параметров в заданных границах и помехах в канале обратной связи.

В настоящей работе эта методология применяется для построения принципиальной электрической схемы робастного регулятора скорости системы частотного управления асинхронного электропривода.

Целью работы является создание принципиальной электрической схемы оптимального робастного регулятора скорости системы частотного управления асинхронного электропривода.

Основная часть. Поставленная задача решалась в пять этапов. На первом этапе строилась линеаризованная математическая модель объекта управления с параметрической неопределенностью, как и в работе [1]. На втором этапе рассчитывалась передаточная функция H_∞ -субоптимального робастного регулятора системы частотного управления асинхронного электропривода. На третьем этапе по аналогии с работами [1-4] изучалось влияние неопределенных параметров объекта и регулятора в заданных границах, а также помех в канале обратной связи на устойчивость и точность стабилизации скорости робастной системы частотно-регулируемого электропривода. На четвертом этапе проводилось разложение найденной передаточной функции в цепную дробь [1]. На завершающем этапе осуществлялось проектирование электрической схемы H_∞ -субоптимального робастного регулятора по разложенной в цепную дробь передаточной функции регулятора.

Созданная в процессе проектирования принципиальная электрическая схема регулятора представлена на рис.1. Она выполнена в виде четырехполюсника и состоит из последовательно соединенных первого пассивного четырехполюсника с параллельно подключенным конденсатором C1, второго пассивного четырехполюсника с последовательно подключенным резистором R1 и параллельно соединенным конденсатором C2, третьего активного четырехполюсника с последовательно подключенным негатроном отрицательного сопротивления NR, состоящим из операционного усилителя DA1 и сопротивлений R2, R3, R4, четвертого активного четырехполюсника с параллельно подключенным негатроном отрицательной емкости NC, состоящим из операционного усилителя DA2, конденсатора C3 и резисторов R5, R6, пятого пассивного четырехполюсника с параллельно подключенным резистором R7, и операционного усилителя DA3 с резисторами R8 и R9, соединенного с выходом пятого четырехполюсника.

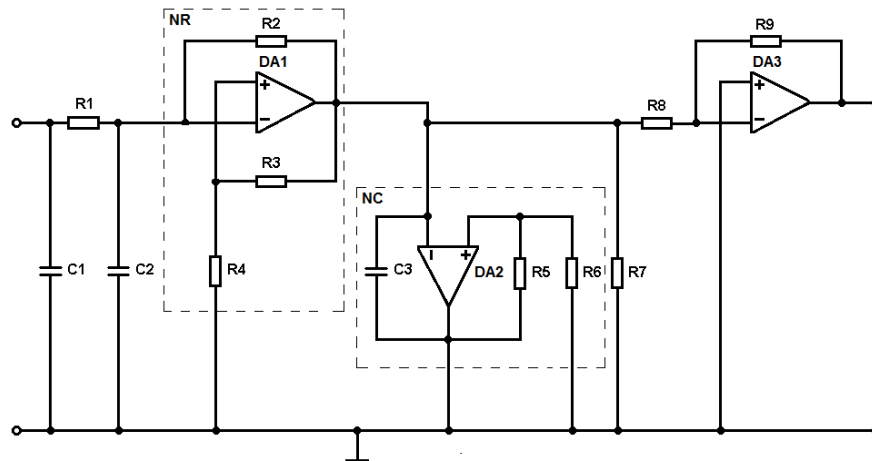


Рисунок 1 – Принципіальна електрична схема робастного регулятора

Реалізація оптимального робастного регулятора на основі розробленої принципіальної електричної схеми дозволяє з високою точністю стабілізувати кутову швидкість ротора асинхронного електропривода з невеликими фінансовими затратами.

Сконструйований регулятор можна використовувати не тільки в аналогових, але і в цифрових системах управління. В цьому випадку высвобождается память программируемого контроллера, занятая под регулятор.

Висновки. Сконструйований H_∞ -субоптимальний робастний регулятор швидкості системи частотного управління асинхронного електропривода забезпечує високу точність стабілізації швидкості машини при випадкових варіаціях неопределенних параметрів в заданих границях і малу чутливість системи до шумів в каналі зворотного зв'язку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлопенко Н.Я., Хлопенко И.Н. Структурный синтез стабилизирующего робастного регулятора потокосцепления ротора // *Електротехніка і електромеханіка*. – 2017. – № 1 – С.21-25. doi: 10.20998/2074-272X.2017.1.04.
2. Хлопенко И.Н., Рожков С.А., Хлопенко Н.Я. Устойчивость и точность робастной системы стабилизации потокосцепления ротора асинхронного электропривода при случайных вариациях неопределенных параметров в заданных границах // *Електротехніка і електромеханіка*. – 2018. – № 4 – С.35-39. doi: 10.20998/2074-272X.2018.4.06.
3. Хлопенко Н.Я., Рожков С.А., Хлопенко И.Н. Фильтрация шумов робастным регулятором в системе управления потокосцеплением ротора // *Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал*. – Херсон: ХДМА, 2019. – № 1 (20). – С.122-131. doi: 10.33815/2313-4763.2019.1.20.122-131.
4. Хлопенко М.Я., Рожков С.О., Хлопенко І.М. Патент України на корисну модель № 137157. Система векторного керування швидкістю асинхронного електродвигуна. Заявл.18.03.2019; опубл. 10.10.2019. Бюл. № 19.

ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ НАБОРУ У ПОНТОНІ

Щедролоєв О.В., Кириченко К.В.

*Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Аналізуючи світовий та вітчизняний досвід роботи підприємств, які задіяні в будівництві композитних плавучих споруд, можна зробити висновок, що основним напрямком для досягнення конкурентоспроможної продукції цих підприємств є розвиток наукових досліджень, які спрямовані на модернізацію, вдосконалення підготовки, організації та управління виробництвом, скорочення тривалості будівництва, зниження собівартості та підвищення якості продукції, мінімізація використання всіх видів ресурсів і витрат, використання нових технологій. Це висуває нові задачі та вимоги до систем управління й підготовки виробництва (конструкторської, технологічної, організаційної, матеріально-технічної та ін.) докобудівного підприємства.

Актуальність досліджень. З кінця минулого століття в світовому суднобудуванні прискорюється процес побудови великотоннажних транспортних суден. У зв'язку з тим, що судноремонт великотоннажних суден постійно збільшується все більше застосовуються плавучі доки великої підйомної сили. Таким чином удосконалення існуючих та розробка нових конструкцій композитних плавучих доків великої підйомної сили, конкурентоспроможних на світовому ринку є досить актуальним науково-технічним завданням [1].

Постановка задачі. Для удосконалення конструкції та технології побудови плавучих доків необхідно вдосконалити процеси конструювання та розробити рекомендації до побудови конструкцій доків.

Результати досліджень. Для побудови всього залізобетонного корпусу понтона із залізобетонних секцій, башти доку, включаючи зовнішній борт понтона і днище понтона, набираються по поздовжній системі, а понтон між внутрішніми бортами по поперечній системі. Шпація приймається рівною 750 мм. Відстань між перегородками приймається рівною 3000 мм, на відміну від класичної технології побудови доку в якій відстань між перегородками приймається рівною 1500 мм [2]. При постановці судна в док, кільблоки ставляться на поздовжню перебірку доку, навантаження від якої передаються на рідко розставлені поперечні перебірки доку, завдяки чому забезпечується загальна поперечна міцність.

При побудові понтону - очищення арматури від жирних плям і слідів фарби проводиться за допомогою хімічних розчинників, потім ці місця витираються насухо. Гнучка арматурної сталі виконується на згинальних верстатах або вручну. Виготовлення арматурних сіток проводиться на автоматичній зварювальній машині або зварюванням перетині в шаховому порядку в середовищі CO₂. Перед установкою на стенди арматурних сіток для збірки в об'єм, стенди повинні бути очищені від бетону і бруду. Стенди для формування залізобетонних секцій повинні забезпечувати виготовлення секцій з гладкими поверхнями рівномірної товщини і забезпечувати швидке знімання відформованих секцій. Монтаж секцій башт на понтон допускається тільки після бетонування і досягнення міцності стиків заставних вузлів з'єднання веж з понтоном, а також всіх стиків зовнішнього і внутрішнього борту не менше 21 МПа (210 кг/см²) на відстані не менше 6 шпацій в ніс і корму від кінців встановлюваних секцій.

Формування веж виконується від міделя в ніс і корму. Послідовність формування башт є наступною:

- навантаження секцій,

- прикреслення і прирізка по стиках і пазах,
- кріплення на гребінках по пазах і прихватках по стиках секцій.

При установці і стикуванні секцій між собою повинна бути забезпечена система контролю за точністю стикування по висоті і горизонталі. Заключний монтаж механізмів, пристроїв і трубопроводів виконується після закінчення складально-зварювальних робіт по корпусу дока, фундаментів і підкріпленням в районі їх штатної установки. Перед установкою опалубки арматура стику повинна бути очищена від бруду, масел, фарби, іржі. Кромки секцій всіх елементів понтона і весь бетон конструкцій, що потрапляють в стик, повинні бути звільнені від цементної плівки шляхом насічки пневмоінструментом. Після очищення стиків та установки всіх закладних конструкцій проводиться установка деревометалевої опалубки, яка повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати правильність форм і розмірів бетонованого стику;
- мати достатню міцність і твердість;
- не допускати витікання цементного молока при ущільненні бетонної суміші;
- вільно розбиратися з мінімальними пошкодженнями.

У всіх випадках бетон міжсекційних з'єднань повинен мати міцність, водонепроникність і морозостійкість не менше необхідної для бетону сполучних елементів понтона. Укладання бетону в форми проводиться не пізніше 45 хвилин після його виготовлення (в літній період). Укладання бетону в вертикальні стики повинно проводитися на всю висоту стика. Після укладання бетону виконують його ущільнення шляхом вібрації за допомогою пневмовібраторів. Перерви при укладанні бетону в одну конструкцію не повинні перевищувати 1 годину при температурі зовнішнього повітря більше 25°C, в інших випадках не більше 2-х годин. При більш тривалих перервах бетонування повинно бути припинено і відновлено після закінчення твердіння бетону і насічки (поновлення) штраби. Розпалубку стиків виробляти після досягнення бетоном вертикальних стиків 35% і горизонтальних 50% проектною міцності.

При підготовці під бетонування секцій проводиться очищення та продування повітрям поверхні стенду. Потім на стенді розмічаються базові та контурні лінії. Робоча частина стенду і опалубка змащуються універсальним мастилом підігрітим до 45–50° в будь-який час року для зменшення зчеплення зі стендом. Після цього встановлюються фіксатори захисного шару, контурна опалубка, укладається об'ємна секція на стенд в контурну опалубку. Бетонна суміш до формувальних стендів подається в віброємностях, проводиться укладання та заглажування бетону під рейку, ущільнення виконується глибинними і плоскими вібраторами. Потім проводиться термічна обробка бетону (в холодну пору року при температурі повітря нижче + 8 ° C). Міцність бетону повинна бути не менше 75% від марочної. Після виконання демонтажу опалубки знімання секцій зі стенду здійснюється краном відповідної вантажопідйомності з використанням траверс, що забезпечують рівномірний підйом з усього майданчика. Зачеплення тросів повинно виконуватись за всі рими на секції. Відрив секцій від стенду, бетонованих ребрами вниз, здійснюється за допомогою пневмовиштовхувачів.

Після зняття контурної опалубки секція подається на майданчик для складання. Перед подачею секцій на стапельні складання всі торці секцій, які стикуються, піддаються механічній обробці (насічці) відповідно до вимог галузевої документації. Складання плоских і об'ємних секцій проводиться на інвентарних прокладках з кроком 1 м. Товщина прокладок повинна бути більше висоти виступаючих частин, але не менше 25 мм.

Перед формуванням понтона необхідно перевірити стан стапельної основи щодо горизонтальній площини з нанесенням базових і контрольних ліній на корінних лісах. Спочатку на стапелі виставляються і омоноличуються секції днищової плити, а потім виконується укладання, установка та розкріплення секцій. При необхідності виконується повторна обробка кромки секцій шляхом насічки бетону механічним способом (пневмоінструментом). Виконується армування і зварювання арматури стиків та монтаж

опалубки стиків омоноличування. Після цього бетонуються стики та проводиться ущільнення бетону глибинними вібраторами і вібрацією опалубки. Монтаж вертикальних збірних елементів (борта і перебірки) на днище виконується після набору міцності бетону монтажних стиків днища 21 МПа (210кг/см²) або ж до бетонування стиків з метою запобігання утворенню тріщин або порушення контакту арматури з бетоном [3].

Усунення дефектів бетонування повинно здійснюватись за допомогою повного видалення всього нетривкого бетону і наступним закладенням дефектного місця бетоном такої ж якості, який вживався для бетонування міжсекційних з'єднань. Дефекти у вигляді тріщин або невеликих отворів повинні бути попередньо оброблені по кромках на величину, достатню для якісного заповнення їх бетоном на всю глибину. Випробування на водонепроникність залізобетонного корпусу понтона проводиться після усунення дефектів, виявлених зовнішнім оглядом і закінчення монтажу закладного і приварного насичення.

Висновки. Представлені технологічні рекомендації виготовлення конструкцій залізобетонного понтона плавучого композитного доку, які дають змогу знизити матеріалоемність та зменшити трудомісткість побудови доків. Удосконалення конструкції понтона шляхом збільшення відстані між перегородками до 3 м, дозволить значно знизити собівартість доків і створити рентабельну конкурентоспроможну продукцію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашковский, А.С., Слуцкий Н.Г., Коннов В.Н., Щедролосев А.В., Узлов А.Н.. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы: монография. – Николаев : РАЛ-полиграфия, 2008. – 614 с.
2. Kyrychenko K., Yahlytskyi Yu., Shchedrolosiev O. Methods of improvement of the design and construction technology of composite docks. «Shipbuilding and marine infrastructure». – Миколаїв.: НУК, 2019. – С. 36-47.
3. Щедролосєв О.В., Коннов В. М., Узлов О. М., Кириченко К.В. Технологічні особливості побудови композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні. Матеріали міжнародної наукової інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (випуск 29). Частина 1. – Тернопіль. 2018. – С. 109-111.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА КОМПОЗИТНОГО ПЛАВУЧОГО ДОКУ

Яглицький Ю.К., Кириченко К.В.

*Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Аналізуючи світовий та вітчизняний досвід роботи підприємств, які задіяні в будівництві композитних плавучих споруд, можна зробити висновок, що основним напрямком для досягнення конкурентоспроможної продукції цих підприємств є розвиток наукових досліджень, які спрямовані на модернізацію, вдосконалення підготовки, організації та управління виробництвом, скорочення тривалості будівництва, зниження собівартості та підвищення якості продукції, мінімізацію використання всіх видів ресурсів і витрат, використання нових технологій [1]. Це висуває нові задачі та вимоги до систем управління й підготовки виробництва (конструкторської, технологічної, організаційної, матеріально-технічної та ін.) докобудівного підприємства.

Актуальність досліджень. В сучасних умовах якість технологічної підготовки виробництва при будівництві плавучого доку у значній мірі визначається рівнем технологічних процесів (ТП), що використовуються. Системний підхід при проектуванні ТП дуже ускладнений, тому що технолог не в змозі забезпечити одночасно раціоналізацію ТП, високу якість виробленої продукції і економічність проектних робіт.

Постановка задачі. Оскільки, підвищення якості і складності окремих вузлів та систем плавучого доку вимагає раціональних варіантів розробленої технології, тому необхідно виконати проектування ТП у принципово новому підході.

Результати досліджень. При системній організації інтегрованого виробничого процесу побудови плавучого доку необхідна розробка принципових вказівок для побудови плавучого доку, до яких входять:

1) Технологічний аналіз виробничих умов побудови плавучого доку. Перед початком виробництва приймається ряд технічних і організаційних рішень, які повинні враховувати встановлений клас споруди, а також інші характеристики виробничих умов будівництва доку (матеріали, з яких виготовляється док, тип та вантажопідйомність транспортних засобів доку, розмір будівельного місця, основні характеристики корпусних цехів). Необхідно також відзначити вплив перерахованих вище виробничих умов на вибір методу й принципової технології побудови доку, схеми формування його корпусу при будівництві, розбивку корпусу доку на будівельні елементи.

2) Аналіз якості та вартості матеріалів. Вибір матеріалів для виготовлення корпусних залізобетонних і металевих конструкцій доку є важливим аспектом вирішення проблем будівельної механіки корабля - зниження маси конструкцій при збереженні достатньої міцності. У докобудуванні, в основному, використовуються вуглецеві і низьколеговані сталі. Вибір арматурної сталі і бетону для виготовлення залізобетонних секцій є важливим процесом. Бетон, що використовується для понтона композитних доків, відрізняється від будівельного бетону. Щоб забезпечити непроникність понтону при мінімальній товщині залізобетонних секцій застосовують сульфатостійкий портландцемент з домішками, які утворюють щільну форму бетону і в той же час підвищують схоплювання бетону і його морозостійкість. Застосування листового прокату для закладних деталей і металевих секцій башт з низьколегованої сталі малої товщини недоцільно, тому що швидкість їх корозії не

відрізняється від вуглецевої сталі. Для листів великої товщини і профільного прокату використання низьколегованої корпусної сталі є найбільш прийнятним.

3) Оцінка технологічності форми корпусу, деталей та секцій. Понтон плавучого доку має повноту корпусу близьку до одиниці, що позитивно впливає на загальну технологічність, дозволяє збільшити частку механізованих робіт, знизити кількість відходів матеріалів, а також спростити виробництво деталей за рахунок зменшення обсягу розмічальних та згинальних робіт. Деталі й вузли корпусу доку мають просту форму, що знижує трудомісткість складання, більшість залізобетонних секцій понтону є плоскими з малою кількістю випусків, що дозволяє застосовувати для їх виготовлення просту оснастку (площинні стенди) [2].

Крім зазначених принципових вказівок, для побудови доку необхідна розробка технологічної концепції, до якої базовими елементами входять принципова технологія побудови корпусу плавучого доку та робоча технологія виготовлення залізобетонної секції.

Принципова технологія побудови корпусу плавучого доку включає: розбивку корпусу плавучого доку на секції, прийняття раціональної технології й організації будівництва плавучого доку, врахування виробничих умов верфі, розробку технологічних вказівок щодо застосування припусків, розробку принципових вказівок з технології виготовлення деталей, вузлів і секцій корпусу доку.

Проектування робочої технології виготовлення залізобетонної секції виконується згідно основним положенням з технології та організації побудови композитного плавучого доку та інструкції з виготовленню залізобетонних секцій композитних плавучих доків і враховує використання інноваційних напрямків розвитку докобудівного підприємства [3]. До робочої технології, як основні складові, входять:

- технологічні вказівки на складання арматурних секцій;
- технологічні вказівки на виготовлення арматурних каркасів ребер;
- технологічні вказівки на складання арматурних секцій з вузлом під металеву башту і металеві бімси;
- технологічні вказівки на підготовку секцій до бетонування;
- приготування бетонної суміші;
- ТП бетонування залізобетонних секцій;
- ТП бетонування залізобетонних секцій, що виготовляються спільно з закладною деталлю під металеву башту.

Вибір методу моделювання визначається функціональними властивостями ТП.

Враховуючи, що моделювання ТП можна віднести до вирішення функціональних задач, то для детального представлення роботи та організації операцій ТП можна скористатися методологією функціонального моделювання SADT ((Structured Analysis and Design Technique). Метод SADT реалізований в одному зі стандартів цього сімейства – IDEF0, який був затверджений у якості федерального стандарту США. Моделювання в SADT – інженерна дисципліна. Це означає, що моделі створюються виходячи з дійсної ситуації і ці моделі проходять через серію послідовних поліпшень до тих пір, поки вони в точності не представлятимуть реальний об'єкт.

Метод SADT представляє сукупність правил і процедур, які призначені для побудови функціональної моделі об'єкта будь-якої предметної області. Функціональна модель SADT відображає функціональну структуру об'єкта, тобто дії, що їм виконуються і зв'язки між цими діями, і представляє собою серію ієрархічних діаграм з супроводжуючою документацією (рис. 1), які розбивають складний об'єкт на складові частини у вигляді блоків. Деталі кожного з основних блоків подаються у вигляді блоків на інших діаграмах. Кожна детальна діаграма є декомпозицією блоку з діаграми попереднього рівня. На

кожному кроці декомпозиції діаграма попереднього рівня називається батьківською для більш детальної діаграми.

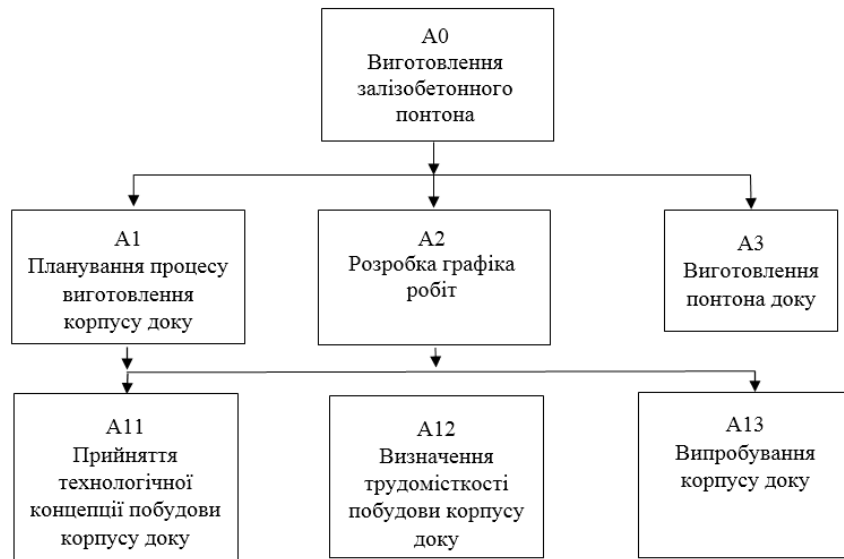


Рисунок 1 – Ієрархія діаграм

Операції базового ТП виготовлення залізобетонного понтона композитного плавучого доку складально-монолітним методом виконуються в наступній послідовності:

- 1) підготовка стапеля під закладання понтона (встановлення опорних «подушок» в горизонтальній площині, встановлення опалубки стиків днища);
- 2) укладання секцій днища, остаточне підганяння опалубки стиків;
- 3) армування, очищення арматури і кромки бетону в стиках, зварювання арматури в стиках, продування, промивання та бетонування стиків з ущільненням бетону;
- 4) догляд за бетоном, до якого входить тепло-волога обробка в холодну пору року;
- 5) встановлення та розкріплення секцій вертикальних елементів понтона (перебірки, борти);
- 6) армування, очищення арматури і кромки бетону в стиках, зварювання арматури;
- 7) встановлення опалубки в стиках омоноличування, продування та промивання стиків;
- 8) бетонування (через спеціальні отвори в опалубці) з ущільненням бетону в стиках;
- 9) догляд за бетоном, до якого входить тепло-волога обробка в холодну пору року;
- 10) демонтаж опалубки в стиках по днищу й секціях вертикальних елементів;
- 11) розчищення та усунення дефектів у стиках;
- 12) догляд за бетоном;
- 13) встановлення опорних конструкцій і опалубки стиків омоноличування стапель-палуби;
- 14) остаточне підганяння опалубки стиків;
- 15) армування, очищення арматури і кромки бетону в стиках, зварювання арматури в стиках, продування, промивання та бетонування стиків з ущільненням бетону;
- 16) демонтаж опорних конструкцій і опалубки;
- 17) розчищення та усунення дефектів у стиках;
- 18) догляд за бетоном.

Висновки. Результати побудови функціональних діаграм дозволяють оцінити ступінь врахування всіх операцій, що входять до ТП виготовлення залізобетонного понтона плавучого доку; внутрішні зв'язки між функціями процесу; рівень управління та взаємодії розглянутих функцій ТП між собою; склад об'єктів ТП виготовлення залізобетонного

понтону (нормативна документація, обладнання, пристосування); ефективність виконання окремих операцій і процесу в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашковский, А.С., Слущкий Н.Г., Коннов В.Н., Щедролосев А.В., Узлов А.Н.. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы: монография. – Николаев : РАЛ-полиграфия, 2008. – 614 с.
2. Яглицький Ю.К., Кириченко К.В. Дослідження раціональної конструкції композитного плавучого доку. Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції [«Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»], (12–13 вересня 2019 р.). – Херсон: ХДМА, 2019 – С. 170-171.
3. Kyrychenko K., Yahlytskyi Yu., Shchedrolosiev O. Methods of improvement of the design and construction technology of composite docks. «Shipbuilding and marine infrastructure». – Миколаїв.: НУК, 2019. – С. 36-47.

ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК

- Г**
Gorbatyuk Ie.V., 167
- Л**
Lomakina M. YE., 71
- М**
Mamenko P.P., 54
Mateichuk V.M., 54
- Р**
Pelevin L.Ie., 167
- Р**
Remzina N., 182
- С**
Surkova K.V., 71
Sviderskyi A.T., 167
- Т**
Terentyev O.O., 167
Tovkach S.S., 22
Tovstokoryi O.M., 59
- В**
Volianiuk V.O., 167
- А**
Абрамов А.Д., 131
Абрамов Г.С., 112, 131, 199
Абрамова А.М., 199
Алоба Л. Т., 42
Андрейцев А.Ю., 136
Андреев В.І., 205
- Б**
Бедя А.І., 105
Бень А.П., 5, 32, 54, 141
Білій В.А., 211, 215
Блінцов В.С., 45
Блінцов О.В., 45
Борчик Е.Ю., 9
Букетов А.В., 219
Букетова Н.М., 221
Булишин Н.А., 77
Буруніна Ж.Ю., 45
- В**
Вильский Г.Б., 95
Войтасик А.М., 146
Волков Є.Л., 47
Врублевський Р.Є., 223
Вухерер Т., 219
Вяля Ю.Э., 136
- Г**
Годованюк С.П., 105
Голіков А.О., 51
Головань А.И., 98, 242
Гончарук И.П., 98
Горбов В.М., 227
Грицук І.В., 84
Гуров А.А., 255
Гурський А.Н., 205
- Д**
Дебела И.Н., 170
Дебела І.М., 177
Дели А.К., 98
- Дмитриев В.И., 100
Донець С.Є., 231
- Є**
Єнчев С.В., 148
- Ж**
Житник Д.В., 221
- З**
Зінченко С.М., 37, 54, 59
- К**
Казак В.М., 63, 105
Калюжный В.В., 109
Камишин В.В., 18, 26
Каретников В.В., 100
Кириченко К.В., 235, 281, 284
Кияновський О.М., 238
Клецкая Т.С., 136
Клочков О.П., 152
Коновалова А.В., 194
Корбан Д.В., 68
Корень Е.В., 274
Корж А.К., 244
Короленко А.В., 170
Короленко О.В., 177
Костенко А.А., 242
Кривошапов С.И., 248
Куропятник А.А., 250
Куценко П.С., 155
- Л**
Леонов В.Е., 255
Литвиненко В.В., 231
Лонін Ю.Ф., 231
Ляшенко Б.В., 112
Ляшенко В.Г., 112
Ляшко О.В., 136
- М**
Майданик К.О., 14
Маляренко О.Д., 219
Мальцев А.С., 73
Манжелей В.С., 84
Марьянов Д.Н., 261
Мельник І.В., 159
Митенкова В.С., 227
Мусієнко М.П., 205
- Н**
Нагрибельний Я.А., 37
Настасенко В.А., 164, 265
Невиніцин А.М., 18
Носов П.С., 32, 37, 54
Носова Г.В., 32
- О**
Одинцов В.В., 274
Олійник Ю.О., 51
- П**
Палагний В.И., 265
Паламарчук І.В., 5
Передерий В.И., 9
Півторак Г.В., 77
Піпченко О.Д., 81
- Погорлецький Д.С., 84
Пономарьов А.Г., 231
Попович І.С., 37
Починок А.В., 159
Прокудін Г.С., 14
Прокудіна І.І., 14
Прохоренко І.В., 63
П'ятаков Е.М., 177
Пятаков Э.Н., 170
- Р**
Рева О.М., 18, 26
Ремех І.О., 14
Рябошапка И.В., 90
- С**
Сагановська Л.А., 26
Сагин С.В., 270
Сафонова Г.Ф., 32
Селіванов С.Є., 231
Сірівчук А.С., 186
Случак О.І., 205
Соколов А.Е., 170, 177
Соловей О.С., 190
Сурінов І.Л., 73
- Т**
Терлич С.В., 194
Тимошенко Н.А., 63
Тугай С.Б., 159
- У**
Уваров В.Т., 231
- Ф**
Федоров А.І., 141
- Х**
Хайбин Ю., 221
Хлопенко Н.Я., 279
Ходаков В.Е., 170
Ходаков В.Є., 177
Худяков І.В., 84
Хуссейн Ю.М., 119
- Ц**
Цымбал М.Н., 87
- Ч**
Черненко В.В., 84
Чернявський В.В., 5
Чернявська Т.В., 219
Чупайленко О.А., 14
- Ш**
Шевчук Д.О., 63
Шишкин А.В., 90
Шульгін В.А., 18
Шумілова К.В., 123
- Щ**
Щедролосоєв М.О., 194
Щедролосоєв О.В., 194, 281
- Я**
Яглицький Ю.К., 284
Янутенене Й., 221
Янчецкий А.В., 127

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
СЕКЦІЯ:	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ	4
АНАЛІЗ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ СУДНА В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ	5
Чернявський В.В., Бень А.П., Паламарчук І.В. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ФАКТОРОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ СТОЙКОСТЬ ЛПР ПРИ УПРАВЛЕНИИ СУДНОМ	9
Передерий В.И. Херсонский национальный технический университет (Украина)	
Борчик Е.Ю. Николаевский национальный аграрный университет (Украина)	
ПІДХІД ДО ОРГАНІЗАЦІЇ МАСОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖУ НА ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ	14
Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудіна І.І., Ремех І.О., Майданик К.О. Національний транспортний університет (Україна)	
АПРОБАЦІЯ МЕДІАНИ КЕМЕНІ ДЛЯ НЕПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ГРУПОВОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВАГ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ НА МНОЖИНІ ХАРАКТЕРНИХ ПОМИЛОК	18
Рева О.М., Камишин В.В. Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (Україна, м. Київ)	
Невиніцин А.М., Шульгін В.А. Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна, м. Кропивницький)	
DATA STRUCTURE FOR AVIATION ENGINE INFORMATION SYSTEMS	22
Tovkach S.S. National Aviation University (Ukraine, Kyiv)	
СЕКЦІЯ:	
ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ	25
ЛЮДСЬКИЙ ЧИННИК: ПРОБЛЕМИ НЕДИСЦИПЛІНОВАНOSTІ КУРСАНТІВ- АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ»	26
Камишин В.В., Рева О.М. Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (Україна, м. Київ)	
Сагановська Л.А. Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна, м. Кропивницький)	
МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОЛОЖЕННЯ СУДНОВОДІЯ НА КАПІТАНСЬКОМУ МІСТКУ ПІД ЧАС НЕСЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ	32
Носов П.С., Бень А.П. Херсонська державна морська академія (Україна)	
Сафонова Г.Ф., Носова Г.В. Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету (Україна)	
ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗОРОВОЇ УВАГИ СУДНОВОДІВ ПІД ЧАС НЕСЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ	37
Носов П.С., Зінченко С.М., Нагрибельний Я.А. Херсонська державна морська академія	

(Україна)	
Попович І.С.	
Херсонський державний університет	
(Україна)	
СЕКЦІЯ:	
КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ	41
АВТОМАТИЗАЦІЯ ГРУПОВОГО УПРАВЛЕННЯ АВТОНОМНИМИ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ ПОИСКОВОГО ТИПА	42
Алоба Лео Тосин	
Национальный университет кораблестроения им. Адмирала Макарова	
(Украина)	
МОРСЬКА РОБОТОТЕХНІКА: СУЧАСНИЙ СТАН, ПОТРЕБИ ТА СПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНИ	45
Блінцов В.С., Блінцов О.В., Буруніна Ж.Ю.	
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова	
(Україна)	
АНАЛІЗ МАНЕВРУВАННЯ СУДЕН У ГРУПІ ПРИ ЗБЛИЖЕННІ ДЕКІЛЬКОХ СУДЕН	47
Волков Є.Л.	
Херсонська державна морська академія	
(Україна)	
АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЗНО НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ УКРАЇНИ	51
Голіков А.О., Олійник Ю.О.	
Национальный университет «Одеська морська академія»	
(Україна)	
IMPROVING THE ACCURACY AND RELIABILITY OF AUTOMATIC VESSEL MOTION CONTROL SYSTEM	54
Zinchenko S.M., Ben A.P. , Nosov P.S., Mamenko P.P. , Mateichuk V.M.	
Kherson State Maritime Academy	
(Ukraine)	
WHAT IS THE PIVOT POINT AND HOW TO USE IT TO CONTROL THE VESSEL	59
Zinchenko S.M., Tovstokoryi O.M.	
Kherson State Maritime Academy	
(Ukraine)	
КОНЦЕПЦІЯ РЕКОНФІГУРАЦІЇ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КЕРОВАНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ ПОВІТРЯНОГО КОРАБЛЯ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ У ПОЛЬОТІ	63
Казак В.М., Шевчук Д.О., Прохоренко І.В., Тимошенко Н.А.	
Национальный авиационный университет	
(Україна)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОЛЯРИЗОВАННОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЕЛЕКЦИИ НАВИГАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ НАЛИЧИИ АТМОСФЕРНОГО ФОНА	68
Корбан Д.В.	
Национальный университет «Одесская морская академия»	
(Украина)	
MODEL OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES FOR FLIGHT DISPATCHERS	71
Lomakina M. YE., Surkova K.V.	
Flight Academy of the National Aviation University	
(Ukraine)	
ДИНАМІЧНЕ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ВІСІ БУРУ ЯКІРНОЮ СИСТЕМОЮ ПЛАТФОРМИ СПОСОБОМ НЕГАТИВНОГО ВЕКТОРУ ЗСУВУ	73
Мальцев А.С., Сурінов І.Л.	
Национальный университет «Одеська морська академія»	
(Україна)	
ДО ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗУПИНКИ ГПТ, РОЗТАШОВАНОЇ ПЕРЕД РЕГУЛЬОВАНИМ ПЕРЕХРЕСТЯМ	77
Півторак Г.В., Булишин Н.А.	

<p>Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)</p>	
ВІЗУАЛІЗАЦІЯ КАЧКИ ДИНАМІЧНО-ПОЗИЦІОНУЄМОЇ БАРЖІ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ	81
<p>Піпченко О.Д. ІПО ЦПАП НУ «Одеська морська академія» (Україна)</p>	
ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОМПЛЕКСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	84
<p>Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Черненко В.В., Манжелей В.С. Херсонська державна морська академія (Україна)</p>	
УСЛОВИЕ ДОСТУПНОСТИ К ПАРТИЯМ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ИХ ВЫГРУЗКИ	87
<p>Цымбал М.Н. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	
ПЕРЕДАЧА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В УКВ РАДИОТЕЛЕФОНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS СИНХРОНИЗАЦИИ	90
<p>Шишкин А.В., Рябошапка И.В. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	
СЕКЦІЯ:	
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА	94
КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАЙОНА МОРСКОГО ПОРТА	95
<p>Вильский Г.Б. Николаевский научно-учебный центр образования взрослых (Украина)</p>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО РАСХОДОМЕРА ГАЗА В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА ТРАНСПОРТНЫМ СУДНОМ	98
<p>Дели А.К., Головань А.И., Гончарук И.П. Одесский национальный морской университет (Украина)</p>	
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОНЯТИЯ РИСК В МОРЕПЛАВАНИИ	100
<p>Дмитриев В.И., Каретников В.В. Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (Российская Федерация)</p>	
ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ПРЯМИХ ОЗНАК ПРИЧИН НЕШТАТНИХ СИТУАЦИЙ НА МОРИ	105
<p>Казак В.М., Беда А.І. Національний авіаційний університет (Україна м. Київ)</p>	
<p>Годованюк С.П. Херсонська державна морська академія (Україна)</p>	
ОЦЕНКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КУРСА	109
<p>Калужный В.В. Национальный университет «Одесская Морская Академия» (Україна)</p>	
БЕЗОПАСНЫЙ РЕЙС. АВАРИИ И ИХ ПРИЧИНЫ. УПРАВЛЕНИЕ КОМАНДОЙ НА МОСТИКЕ	112
<p>Ляшенко В.Г., Ляшенко Б.В. Херсонский морской колледж рыбной промышленности (Украина)</p>	
<p>Абрамов Г.С. Херсонская государственная морская академия (Украина)</p>	
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ	119
<p>Хуссейн Ю.М. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	

СПЕЦИФІКА І ПРАКТИЧНА СПРЯМОВАНІСТЬ КЛАСИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ В СУДНОПЛАВСТВІ	123
Шумілова К.В.	
Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ СУДОВ	127
Янчеккий А.В.	
Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
СЕКЦІЯ:	
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ	130
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРЕНДОВ РОСТА МОРСКИХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК	131
Абрамов А.Д.	
Херсонский национальный технический университет (Украина)	
Абрамов Г.С.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
О ПРЕИМУЩЕСТВАХ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	136
Андрейцев А.Ю., Вяла Ю.Э., Клецкая Т.С., Ляшко О.В.	
Государственный университет инфраструктуры и технологий (Украина)	
ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ	141
Бень А.П., Федоров А.І.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОЇ СТРУКТУРИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ САМОХІДНОГО ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА ТРАНСПОРТНОГО ТИПУ	146
Войтасик А.М.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)	
ДИНАМІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМ ГТД З НЕЙРОННИМ РЕГУЛЯТОРОМ	148
Єнчев С.В.	
Національний авіаційний університет (Україна)	
ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ СТВОРЕННІ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ	152
Клочков О.П.	
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ НЕНАСЕЛЕНИХ БУКСИРУВАНИХ ПІДВОДНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	155
Куценко П.С.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)	
ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОНІВ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ТЛЮЧОГО РОЗРЯДУ	159
Мельник І.В., Тугай С.Б.,	
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)	
Починок А.В.	
Університет державної фіскальної служби України, Навчально-науковий інститут інформаційних технологій (Україна, м. Ірпінь)	

ОБОСНОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ СФЕРЫ ШВАРЦШИЛЬДА	164
Настасенко В.А.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
CREATION OF MATHEMATICAL MODEL OF TRACKER HYDRAULIC STABILIZATOR	167
Pelevin L.Ie., Gorbatyuk Ie.V., Terentyev O.O., Sviderskyi A.T., Volianiuk V.O.	
Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine, Kyiv)	
СНИЖЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	170
Пятаков Э.Н., Короленко А.В., Ходаков В.Е., Дебела И.Н.	
Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова (Україна)	
Соколов А.Е.	
Херсонський національний технічний університет (Україна)	
ОСОБЛИВОСТІ РЕГІОНАЛЬНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ	177
П'ятаков Е.М., Короленко О.В., Ходаков В.Є., Дебела І.М.	
Херсонський морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова (Україна)	
Соколов А.Е.	
Херсонський національний технічний університет (Україна)	
THE MAIN PRINCIPLES OF THE ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC BASIS OF THE DEVELOPMENT OF THE PERMANENT STRUCTURES OF TRANSPORT SYSTEMS OF UKRAINE IN THE CONTEXT OF THE MULTIMODAL TRANSPORTATION	182
Remzina N.	
Institute of Market Problems and Economic-Ecological Research, The National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine)	
АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ НЕНАСЕЛЕНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ З РАДІОБУЄМ	186
Сірівчук А.С.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)	
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ВАНТАЖНИХ ОПЕРАЦІЙ НА СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДНАХ ТИПУ «HEAVY LIFT»	190
Соловей О.С.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
РОЗМІРНО-КОНСТРУКТИВНИЙ АНАЛІЗ ПЛАВУЧИХ БУДИНКІВ ПОНТОННОГО ТИПУ	194
Щедролюєв О.В., Терлич С.В., Коновалова А.В., Щедролюєв М.О.	
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна, м. Миколаїв)	
СЕКЦІЯ:	
ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ	198
ВПЛИВ БУДІВНИЦТВА КАХОВСЬКОЇ ГЕС-2 НА ПРИРОДУ НАЦІОНАЛЬНОГО ПАРКУ «НИЖНЬОДНІПРОВСЬКИЙ»	199
Абрамов Г.С.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
Абрамова А.М.	
Херсонська спеціалізована школа I-III ступенів №30 (Україна)	
РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИШКИ КОКЛЮ ВІДЦЕНТРОВОГО ЛИТТЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ГУБЧАСТОГО ТИТАНУ	205
Андрєєв В.І., Случак О.І., Гурський А.Н., Мусієнко М.П.	

Чорноморський Національний університет імені Петра Могили (Україна, м. Миколаїв)	
НЕЙРОННІ СІТКИ У КЕРУВАННІ МІКРОКЛІМАТОМ	211
Білій В.А. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ГАЗОВОГО СКЛАДУ АТМОСФЕРИ СУДНОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	215
Білій В.А. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
МОДИФІКОВАНА ЕПОКСИДНА МАТРИЦЯ З ПОЛІПШЕНИМИ АДГЕЗІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	219
Букетов А.В., Чернявська Т.В. Херсонська державна морська академія (Україна)	
Вухерер Т. Маріборський університет (Словенія)	
Малярєнко О.Д. Білоруський національний технічний університет (Білорусь)	
АНТИКОРОЗІЙНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ	221
Букетова Н.М., Житник Д.В. Херсонська державна морська академія (Україна)	
Хайбин Ю. Пекінський Євразійський міжнародний центр економічного і культурного обміну (КНР)	
Янутенене Й. Клайпедський університет (Литва)	
ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ ЦИЛІНДРОВОГО МАСЛА ДВИГУНА 6S70MC-C ЗА РАХУНОК УСТАНОВКИ НА СУДНО СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ ВИТРАТ МАСЛА ALPHA ACC	223
Врублевський Р.Є. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ОЦЕНКА СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В СУДОВЫХ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ	227
Горбов В.М., Митенкова В.С. Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (Україна, м. Николаев)	
РАДІАЦІЙНИЙ МЕТОД МОДИФІКАЦІЇ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ДЛЯ ПОТРЕБ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ	231
Донець С.Є., Литвиненко В.В. 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)	
Селіванов С.Є. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОБУДОВИ КОМПОЗИТНИХ ПЛАВУЧИХ ДОКІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ НАБОРУ У ПОНТОНІ	235
Кириченко К.В. Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова	

(Україна) ДИАФРАГМЕНТИЙ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ АКТИВАТОР Кияновський О.М. Херсонський державний аграрно-економічний університет (Україна)	238
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА Костенко А.А., Головань А.И. Одеський національний морський університет (Україна)	242
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ Корж А.К. Морской колледж ХДМА (Украина)	244
НОРМИРОВАНИЕ ЧАСОВОГО РАСХОДА ТОПЛИВА ТРАНСПОРТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МАШИН Кривошапов С.И. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)	248
СНИЖЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СГОРАНИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Куропятник А.А. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	250
ПЕРСПЕКТИВЫ И РЕАЛИИ ЗАМЕНЫ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ Леонов В.Е., Гуров А.А. Херсонская государственная морская академия (Украина)	255
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ, ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ МОРСКИМИ СУДАМИ Марьянов Д.Н. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	261
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТНОМ ФЛОТЕ Настасенко В.А., Палагний В.И. Херсонская государственная морская академия (Украина)	265
СНИЖЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ Сагин С.В. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	270
ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОДЕКАБОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ Одинцов В.В. Херсонский государственный аграрно-экономический университет (Украина)	274
КОРЕНЬ Е.В. Морской институт последипломного образования имени контр-адмирала Ф.Ф. Ушакова (Украина)	
РОБАСТНЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА Хлопенко Н.Я. Херсонская государственная морская академия	279

(Україна)	
ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ НАБОРУ У ПОНТОНІ	281
Щедролосєв О.В., Кириченко К.В.	
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА КОМПОЗИТНОГО ПЛАВУЧОГО ДОКУ	284
Яглицький Ю.К., Кириченко К.В.	
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК	288
ЗМІСТ	289

Збірка матеріалів

XII Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2020

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор *Клементьєва О. Ю.*
Комп'ютерна верстка *Калініченко Т.В.*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 20.05.2020. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 18,75 Тираж 100 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4319 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20