

Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції

Материалы VII Международной научно-практической
конференции

Materials of the 7th 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-2015

Збірка матеріалів конференції

**26-28 травня 2015 року
Херсон, Україна**

**26-28 мая 2015года
Херсон, Украина**

**May 26-28, 2015
Kherson, Ukraine**

Організатори конференції:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНЬСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
ХЕРСОНЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА
МАКАРОВА
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАН БІЛОРУСІ
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КРЮІНГОВА КОМПАНІЯ «MARLOW NAVIGATION»

Програмний комітет:

Алексішин В.Г. – к.т.н., проф. (Україна);	Нечаєв Ю.І. – д.т.н., проф. (Росія);
Беккер Хайнц Р. – проф. (Німеччина);	Рева О.М. – д.т.н., проф. (Україна)
Бідюк П.І. – д.т.н., проф. (Україна);	Рожков С.О. – д.т.н., проф. (Україна)
Блінцов В.С. – д.т.н., проф. (Україна);	Рябінін Л.І. – д.т.н., проф. (Росія);
Букетов А.В. – д.т.н., проф. (Україна);	Селіванов С.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Варбанец Р.А. – д.т.н., проф. (Україна);	Снопков В.І. – д.т.н., проф. (Росія);
Казак В.М. – д.т.н., проф. (Україна);	Соколова Н.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Кондратенко Ю.П. – д.т.н., проф. (Україна);	Федоровський К.Ю. – д.т.н., проф. (Україна);
Кривонос Ю.І. – д.т.н., проф. (Білорусь);	Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Україна);
Леонов В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);	Ходаков В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Малигін Б.В. – д.т.н., проф. (Україна);	Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна).
Мальцев А.С. – д.т.н., проф. (Україна);	

Організаційний комітет:

голова	Ходаковський Володимир Федорович – ректор Херсонської державної морської академії;
заступник голови	Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи;
члени комітету:	Настасенко Валентин Олексійович – професор кафедри експлуатації судових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки; Блах Ігор Володимирович – вчений секретар, начальник відділу технічної інформації; Клементьєва Оксана Юріївна – технічний секретар, редактор наукових видань відділу технічної інформації.

У збірнику представлено матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 26-28 травня 2015 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-2015) [Збірка матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції (26-28 травня 2015 р., м. Херсон)]. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2015. – 392 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015)», 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 старшого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади Німеччини, України, Росії, Білорусі, Азербайджану 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, захист довкілля, екологічна безпека, ресурсозберігаючі технології.

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 тренажерних систем та людського фактору на транспорті, безпеки судноплавства, проблем надійності та енергозбереження, захисту довкілля, 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-2015 стала добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях. Ми маємо надію, що традиції, започатковані конференцією та дана збірка матеріалів конференції стануть корисними не тільки для її учасників, а й для широкого кола науковців, фахівців, молодих учених, які займаються теоретичними та прикладними дослідженнями інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

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

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ САМОХІДНОЮ ПРИВ'ЯЗНОЮ ПІДВОДНОЮ СИСТЕМОЮ У РЕЖИМІ КОМБІНОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Блінцов В.С., Блінцов О.В., Надточій В.А.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. Самохідні прив'язні підводні системи (СППС) належать до високоефективних засобів морської пошукової техніки [1]. Типова СППС розгортається на судні-носії (СН) і складається з самохідного телекерованого підводного апарата (ПА), який за допомогою кабель-троса (КТ) з кабельною лебідкою з'єднаний з постом енергетики і керування (ПЕК). Такі системи дають змогу у реальному часі виконувати пошук та обстеження розташованих на морському дні підводних об'єктів (ПО) за допомогою розміщеного на борту ПА корисного вантажу (КВ) – фото-, відео-гідроакустичної та маніпуляційної апаратури. Традиційним для морської практики є рух ПА пошуковими галсами над донною поверхнею, а СН при цьому рухається незмінним курсом. Автоматизація керування таким режимом роботи СППС добре вивчена теоретично і успішно опанована на практиці [2].

Актуальність досліджень. Недоліком такої технології пошуку ПО на відміну від технологій буксирування пошукової апаратури є її низька продуктивність, оскільки вона визначається швидкістю руху ПА (1-3 м/с проти 10-12 м/с при буксируванні), а також неможливість детального фото- та відеообстеження та документування ПО бортовою фото- та відеоапаратурою ПА з-за складності (чи навіть неприпустимості) своєчасної зупинки СН. Тому актуальним є підвищення продуктивності підводних пошуково-обстежувальних робіт на великих акваторіях за рахунок впровадження нових підводних технологій застосування СППС та синтезу високоефективних систем автоматичного керування ними.

Постановка задачі. Перспективним вбачається розробка нової високопродуктивної технології комбінованого (буксированого і самохідного) застосування прив'язного підводного апарату СППС для виконання пошуково-обстежувальних морських підводних робіт та розробка основних задач автоматизації керування СППС для її реалізації.

Результати дослідження. Постійне підвищення вимог до продуктивності пошукових підводних робіт стимулює пошук нових технологій застосування СППС. Автори пропонують комбіноване застосування такої системи, коли для підвищення продуктивності пошукових робіт ПА буксирується на заданій висоті над ґрунтом h за допомогою системи «кабель-буксир КВ – привантажувач П – буксирний трос БТ», а при виявленні ПО підводний апарат переходить у самохідний режим руху для детального обстеження і документування цього об'єкту за рахунок вільної довжини кабель-тросу КТ, після чого наздоганяє привантажувач і автоматично пристиковується до нього для продовження пошуку ПО у буксированому режимі [3], рис. 1.

У якості привантажувача П передбачається використання буксированого підводного апарата-заглиблювача з буксирною лебідкою (БЛ) та кабель-буксиром на борту.

Робота такої СППС зазвичай, містить три етапи: пошук ПО гідроакустичними приладами СН (в окремих випадках – власними пошуковими приладами ПА), рис. 1,а (режим буксирування ПА, коли $V_{СН} = v_{П} = v_{ПА} = const$ і $h_{ПА} = const$, $h_{П} = const$); допошук ПО пошуковими приладами ПА та обстеження ПО відеозасобами ПА, рис. 1,б-в (самохідний режим руху ПА, коли $v_{СН} = v_{П} = const$, $v_{ПА} = var$, $h_{ПА} = var$); самостійний рух ПА до привантажувача П та автоматична пристиковка до нього (самохідний режим руху ПА з наведенням по маяку) з метою продовження пошуку наступного ПО.

З позицій автоматизації керування перший етап не викликає труднощів, тому більш детально розглянемо другий і третій етапи.

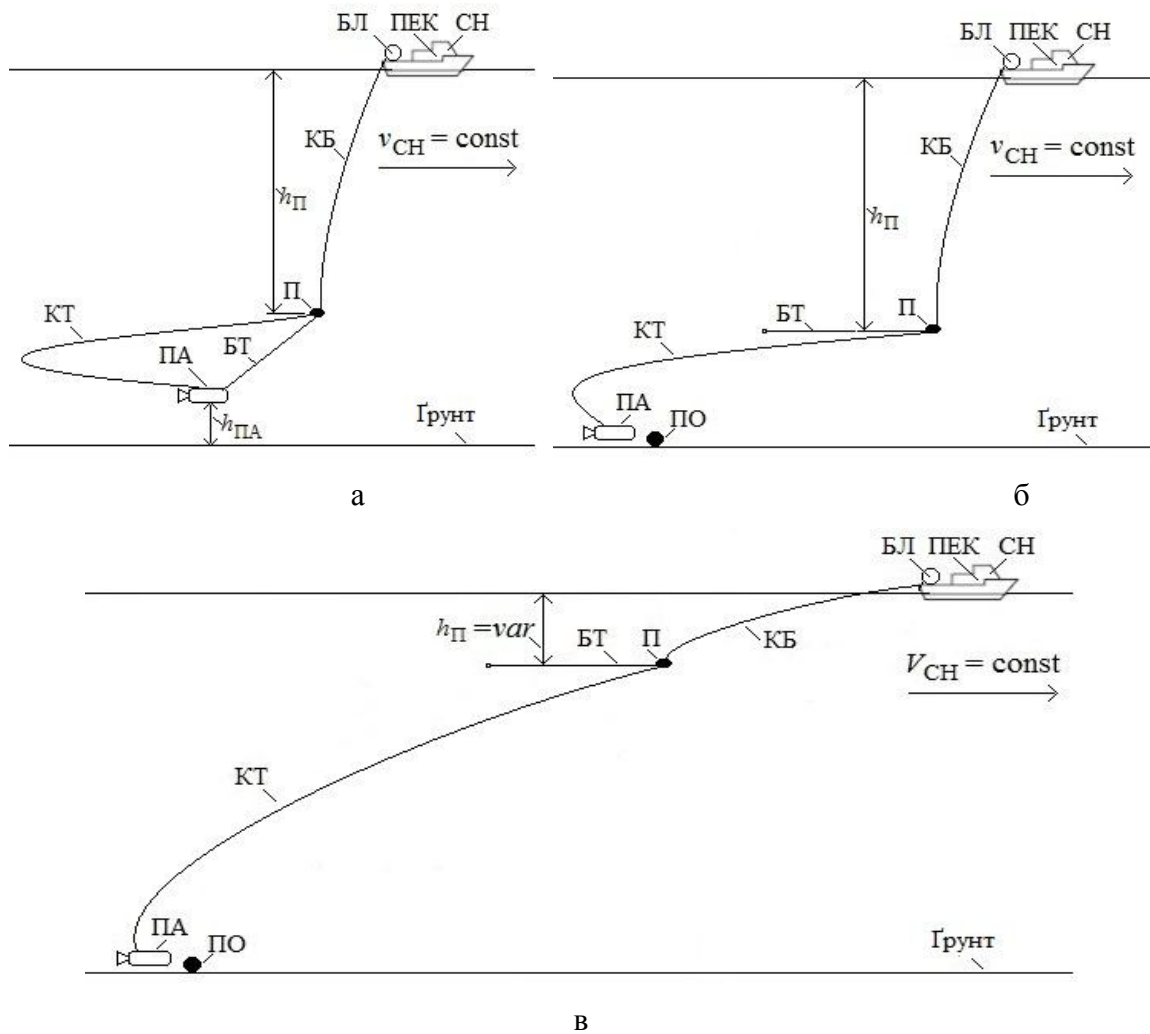


Рисунок 1 – Схема комбінованого застосування СППС: а – пошук у режимі буксирування ПА; б – пошук у самохідному режимі ПА при $v_{СН} = const$; в – пошук у самохідному режимі ПА при $v_{СН} = var$

Попередні дослідження показують, що з позицій автоматичного керування для другого етапу роботи можливі наступні три основні режими керування:

режим однорівневого керування, коли керуванню підлягає самостійний рух ПА по дообстеженню ПО при зміні довжини $l_{КТ}$ попущеної частини його КТ за допомогою розташованої на привантажувачі малогабаритної підводної лебідки (МПЛ) кабель-тросу ($h_{ПА} = var$, $v_{ПА} = var$, $l_{КТ} = var$ при $v_{СН} = const$), рис. 1,б;

режим дворівневого керування, коли на додаток до першого режиму, керуванню підлягає також глибина ходу привантажувача $h_{П}$, що дає змогу дещо збільшити час обстеження знайденого ПО підводним апаратом за рахунок оптимізації конфігурації гнучкого зв'язку «КБ – КТ» ($h_{П} = var$, $h_{ПА} = var$, $v_{ПА} = var$, $l_{КТ} = var$ при $v_{СН} = const$), рис. 1,в;

режим тривірневого керування, коли, на додаток до вищезазначених режимів керуванню підлягає довжина $l_{КБ}$ за допомогою розташованої на СН кабельної лебідки СППС, що дає змогу максимально збільшити час обстеження ПО підводним апаратом за рахунок збільшення загальної довжини гнучкого зв'язку «КТ – КБ» ($l_{КБ} = var$, $h_{П} = var$, $h_{ПА} = var$, $v_{ПА} = var$, $l_{КТ} = var$ при $v_{СН} = const$).

Третій етап роботи виконується у зворотній послідовності. Найбільш складною його фазою є автоматичне пристикування ПА до привантажувача. Це вимагає наявності спеціального приводного пристрою на привантажувачі і в доповіді не розглядається.

Блок-схема узагальненого алгоритму функціонування системи автоматичного керування СППС для другого етапу роботи наведена на рис. 2.

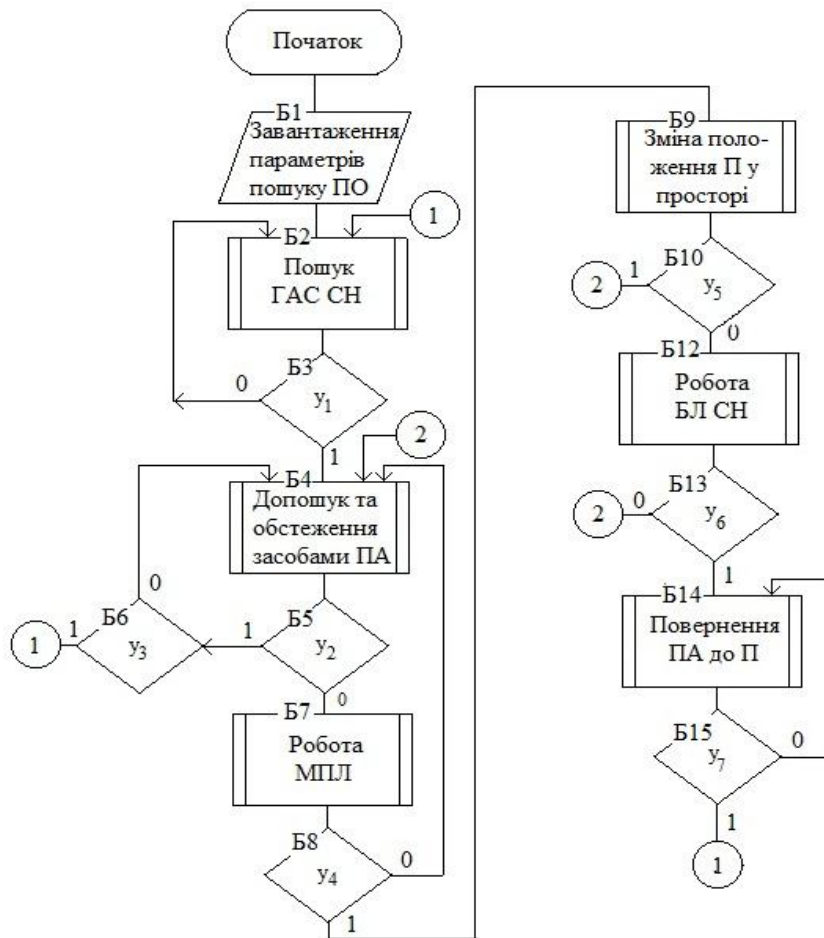


Рисунок 2 – Блок-схема узагальненого алгоритму функціонування системи автоматичного керування СППС для другого етапу роботи

На рис. 2 індексом «у» позначено умовні переходи, відповідно: y_1 – виявлення ПО; y_2 – перевірка досяжності ПО підводним апаратом при поточному значенні довжини попущеної частини КТ; y_3 – закінчення обстеження ПО підводним апаратом; y_4 – витравлення граничної довжини КТ з МПЛ; y_5 – підйом привантажувача на оптимальну висоту ходу; y_6 – витравлення граничної довжини кабель-буксиру у; y_7 – перевірка умови стикування ПА з провантажувачем П.

Висновок. Запропоновано нову технологію пошуку підводних об'єктів за допомогою самохідної прив'язної підводної системи та розроблено принципи побудови системи автоматичного керування нею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блинцов В. С. Привязные подводные системы – К. : Наукова думка, 1998. – 232 с.
2. Блінцов О. В. Автоматизація керування одноланковими самохідними прив'язними підводними системами. Навчальний посібник / О. В. Блінцов, В. А. Надточій // Миколаїв : НУК, 2014. – 124 с.
3. Надточій В. А. Керування самохідними прив'язними підводними системами у режимі комбінованого застосування [Текст] // Електронне видання «Вісник Національного університету кораблебудування, 2014. – № 1.

КОМПЕНСАЦІЯ НЕВИЗНАЧЕНИХ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МАРШОВИМ РУХОМ ПІДВОДНОГО АПАРАТА

Блінцов О.В.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. Автоматизація керування рухом підводного апарата (ПА), не зважаючи на достатню розвиненість цієї теми, представляє собою складну наукову задачу, оскільки такий об'єкт керування є нелінійним і працює в умовах невизначених зовнішніх збурень. При цьому власне регулятори отримуються на основі теорій штучного інтелекту, нечітких множин, методами синтезу ПД-регуляторів тощо. Але наявність невизначених збурюючих впливів суттєво погіршує їх роботу.

Актуальність дослідження. Не зважаючи на різноманітність та складність реальних об'єктів керування при синтезі систем автоматичного керування використовуються, зазвичай, тільки дві структури математичних моделей: модель першого порядку та модель другого порядку. При необхідності керування об'єктами високих порядків, таких, як ПА, можна застосовувати принцип підпорядкованого керування [1] – математична модель ПА розділяється на складові, які описуються диференціальними рівняннями першого порядку, керування кожною складовою виконується окремим контуром, для кожного контуру необхідно передбачити відповідний контур компенсації.

Постановка задачі. У випадках, коли математична модель об'єкта керування відома, її можна використовувати як для синтезу власне регулятора, так і для компенсації зовнішніх збурень. Для цього необхідно розробити структуру системи автоматичного керування з контуром компенсації невизначених зовнішніх збурень для об'єкта керування першого порядку і застосовувати її для керування маршовим рухом ПА за принципом підпорядкованого керування.

Результати досліджень. Маршовий рух ПА описується моделлю третього порядку, але оскільки вона відома [2], то в ній можна виділити окремі елементи, кожен з яких описується диференціальним рівнянням першого порядку:

- модель електродинамічних процесів в електродвигуні (ЕД) рушійного пристрою;
- модель динаміки механічних процесів в ЕД рушійного пристрою;
- модель динаміки маршового руху корпусу ПА.

Кожна складова об'єкта керування приводиться до виду

$$k_1 \frac{dy}{dt} = x - k_2 y + x_{33},$$

де x – керуючий вплив, y – керована величина, x_{33} – зовнішні збурення, k_1 та k_2 – коефіцієнти моделі.

Зовнішні збурення, які діють на об'єкт керування, зазвичай мають розподілений характер, проте їх інтегральний вплив на об'єкт керування представляють зосередженим параметром x_{33} , який може бути константним, лінійно або нелінійно залежати від часу, керованої величини та/або інших параметрів об'єкта керування або зовнішнього середовища. При цьому величина x_{33} зазвичай невідома.

Синтез регулятора виконується за відсутності зовнішніх збурень і в залежності від застосованих методів синтезу регулятор може керувати як лінійними, так і нелінійними об'єктами (рис. 1).

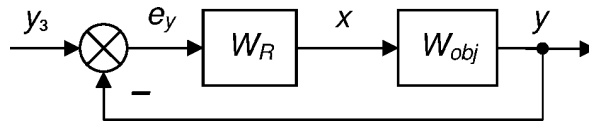


Рисунок 1 – Структурна схема САК лінійним об’єктом першого порядку за відсутності зовнішніх збурень

На рисунку позначено: y_3 – задане значення керованої величини, e_y – похибка керування, W_R – передатна функція регулятора, W_{obj} – передатна функція об’єкта керування:

$$W_{obj} = \frac{y}{x} = \frac{K_{obj}}{T_{obj}p + 1};$$

$$K_{obj} = \frac{1}{k_2}; \quad T_{obj} = \frac{k_1}{k_2},$$

де K_{obj} – коефіцієнт підсилення об’єкта керування, T_{obj} – постійна часу об’єкта керування.

Для компенсації невизначених зовнішніх збурень модифікуємо підхід, запропонований в [3], суть якого полягає у використанні моделі САК для вимірювання зовнішніх збурень, і застосуємо модель об’єкта керування як складову контуру компенсації (рис. 2).

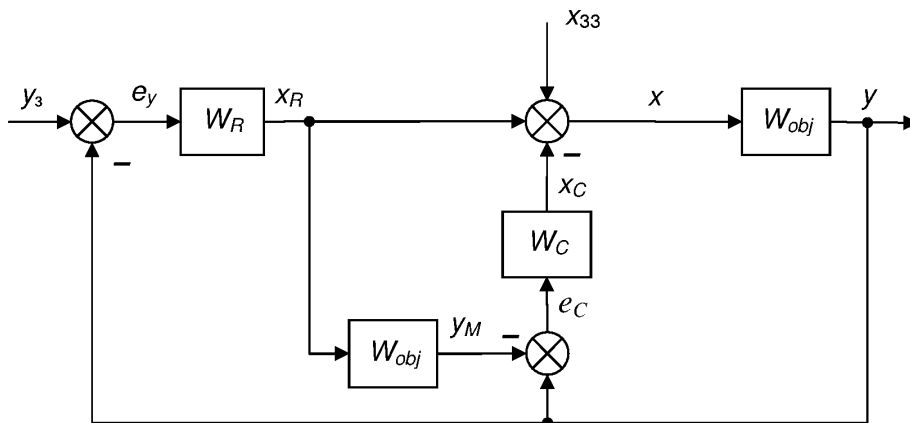


Рисунок 2 – Структурна схема САК лінійним об’єктом першого порядку з компенсацією невизначених зовнішніх збурень

На рисунку позначено: x_R – сигнал керування регулятора; x_C – сигнал компенсації зовнішніх збурень; y_M – керована величина у відсутності зовнішніх збурень (модельоване значення керованої величини); e_C – помилка компенсації; W_C – передатна функція пристрою компенсації зовнішніх збурень.

Для знаходження передатної функції пристрою компенсації виділимо контур компенсації в окрему структурну схему, зобразивши x_{33} у ролі задаючого впливу, тоді x_C опиниться в контурі від’ємного зворотного зв’язку (рис. 3).

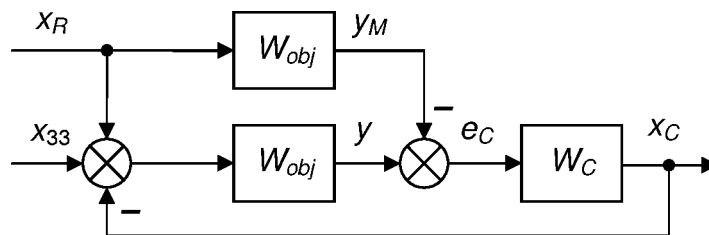


Рисунок 3 – Структурна схема контуру компенсації

Нескладно довести, що структурну схему, зображену на рисунку рис. 3, можна замінити еквівалентною структурною схемою, зображеною на рис. 4, на основі якої можна знайти передатну функцію пристрою компенсації.

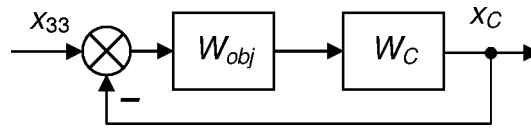


Рисунок 4 – Скорочена структурна схема контуру компенсації

Як бачимо, така структурна схема аналогічна структурній схемі САК об'єктом першого порядку без впливу зовнішніх збурень (рис. 1). Тому для компенсаційної ланки W_C можна застосовувати передатну функцію, аналогічну W_R .

Висновок. Розроблено структуру системи автоматичного керування об'єктом, який описується диференціальним рівнянням першого порядку, з контуром компенсації невизначених зовнішніх збурень, який містить модель об'єкта керування та компенсаційну ланку, яка отримується на базі основного регулятора системи автоматичного керування. Запропоновану структуру системи автоматичного керування можна використовувати для автоматичного керування об'єктами більш високих порядків із застосуванням принципу підпорядкованого керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи : навч. посібник / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков та ін.; За ред. М. Г. Поповича, О. Ю. Лозинського. – К. : Либідь, 2005. – 680 с.
2. Блінцов О. В. Моделюючий комплекс для дослідження динаміки руху прив'язної підводної системи «судно-носій – підводний апарат – маніпулятор» [Електронний ресурс] / О. В. Блінцов, В. А. Надточій // Електронне видання «Вісник НУК». – Миколаїв : НУК, 2012. – № 3.
3. Бобриков С. А. Компенсация возмущений с использованием модели системы автоматического управления для измерения возмущений. [Текст] / С. А. Бобриков, Е. Д. Пичугин // Электротехнические и компьютерные системы, 2011. – № 4 (80). – С. 15-18.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ ГЛАВНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТХ «GREIFSWALD»

Варбанец Р.А.

Одесский национальный морской университет (Украина),

Беленький П.Н.

Судоходная компания «Укрферри» (Украина, г. Одесса),

Яровенко В.А.

Одесский национальный морской университет (Украина),

Ваганов А.И.

Одесская государственная академия технического регулирования и качества
(Украина)

Введение. «Автомобильно-железнодорожный / пассажирский паром «Greifswald» (рис. 1) – современное грузо-пассажирское судно, находится под классификационным надзором Германского Ллойда. Обладает сертификатом книги рекордов Гиннеса, как самое большое судно в мире в классе автомобильно-железнодорожных пассажирских паромов. Высокая мореходность судна и его значительные размерения (длина более 190м, ширина – 28м.) позволяют минимизировать качку в штормовых условиях. Две грузовые палубы могут одновременно принимать на борт 50 универсальных железнодорожных вагонов и 50 большегрузных автомобилей TIR» [1].



а

б

с

Рисунок 1 – Паром Greifswald: а) стоянка у причала в порту Самбул; б) вид с верхней платформы главных среднеоборотных дизелей 6VDS48/42AL-2U; с) индентификация главных дизелей системой D4.0H

На судне установлены четыре главных среднеоборотных дизеля 6VDS48/42AL-2U, производства «SKL MOTOREN UND SYSTEMTECHNIK GmbH» [2]. Диагностика главных дизелей т/х «Greifswald» была произведена в условиях рейса Одесса – Стамбул – Одесса в январе 2015. Погодные условия позволили при одинаковой нагрузке произвести параметрическую диагностику всех цилиндров главных дизелей, включая диагностику топливной аппаратуры высокого давления (ТА), механизма газораспределения (МГР) и цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Для определения параметров рабочего процесса была использована система компьютерного диагностирования D4.0H, разработанная на кафедре СЭУ и ТЭ ОНМУ [3].

Определение основных параметров рабочего процесса. Система D4.0H определяет следующие основные параметры рабочего процесса (рис. 2):

- p_i, N_i – среднее индикаторное давление и индикаторную мощность цилиндра;
- p'_c – давление и угол поворота коленчатого вала (ПКВ) в начале воспламенения топлива в рабочем цилиндре;
- $p_c (p_{comp})$ – давление в конце сжатия;
- $p_z (p_{max})$ – максимальное давление сгорания топлива и соответствующий угол ПКВ;

- p_{EXP} – давление на линии расширения (36° ПКВ за верхней мертвой точкой, ВМТ);
- фазы газораспределения (по углам закрытия впускных и выпускных клапанов газораспределительного механизма, МГР);
- геометрические (по ТНВД) и действительные (по ходу иглы форсунки) фазы топливоподачи;
- τ_D – угол и время задержки самовоспламенения топлива (расчетным путем).

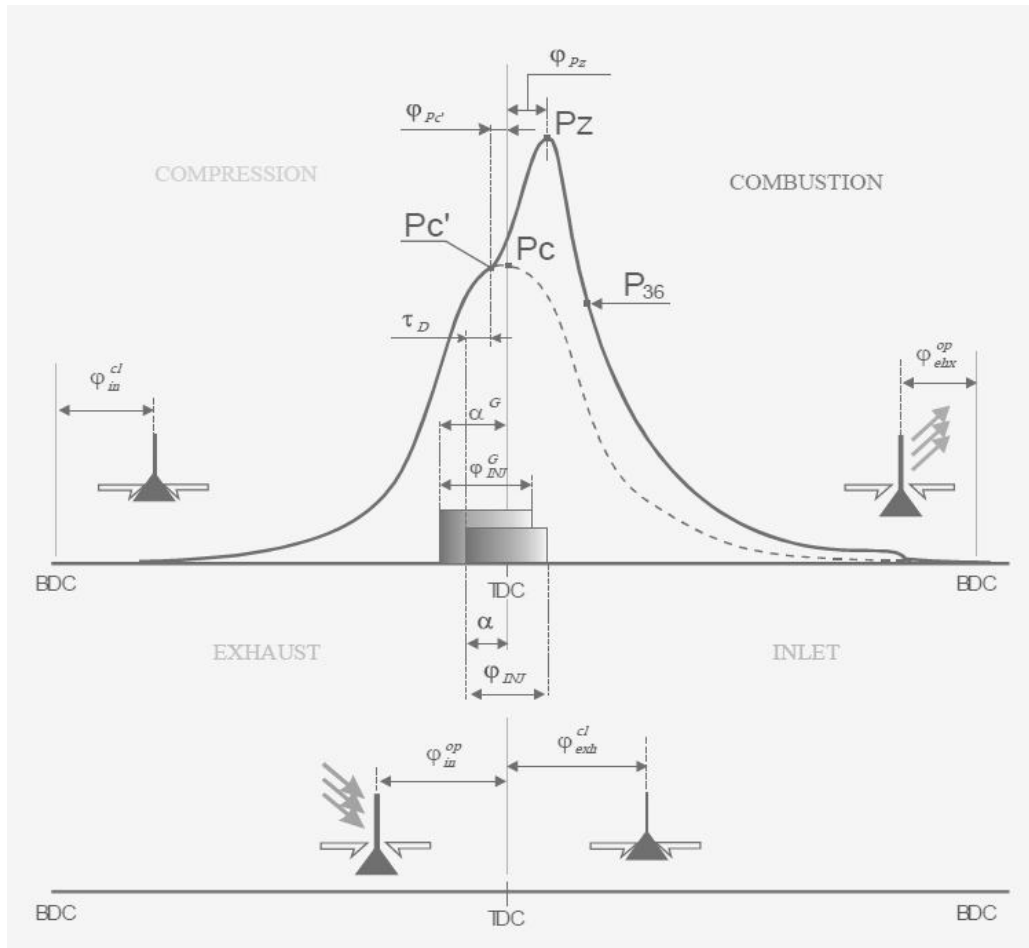


Рисунок 2 – Развернутая индикаторная диаграмма четырехтактного дизеля с отмеченными основными параметрами рабочего процесса

Результаты диагностирования ГД т/х «Greifswald». На рис. 3 приведены сводные индикаторные диаграммы ГД т/х «Greifswald», снятые на основном эксплуатационном режиме. Общие выводы по результатам диагностирования ГД следующие:

- ГД1, цил. 2 – сниженная мощность и низкий уровень всех параметров рабочего цикла. Необходимо проверить компрессию и состояние ТА и МГР;
- детонационное сгорание, как следствие некачественного распыла топлива на ГД2 цил. 3,5,6; ГД3 цил. 3, ГД4 цил. 4. Необходима проверка ТА этих цилиндров;
- ГД2 цил.2 и ГД3 цил. 2 – «жесткая работа», вследствие раннего впрыска топлива;
- ГД1 цил. 3 относительно перегружен и возможен дробный впрыск топлива;
- наибольший разбаланс мощностей по цилиндрам – ГД1 и ГД2. После ревизии ГД1 цил. 2 и устранения на ГД2 дефектов ТА необходима регулировка цикловых подач;
- удовлетворительная балансировка мощностей цилиндров на ГД3 и ГД4.

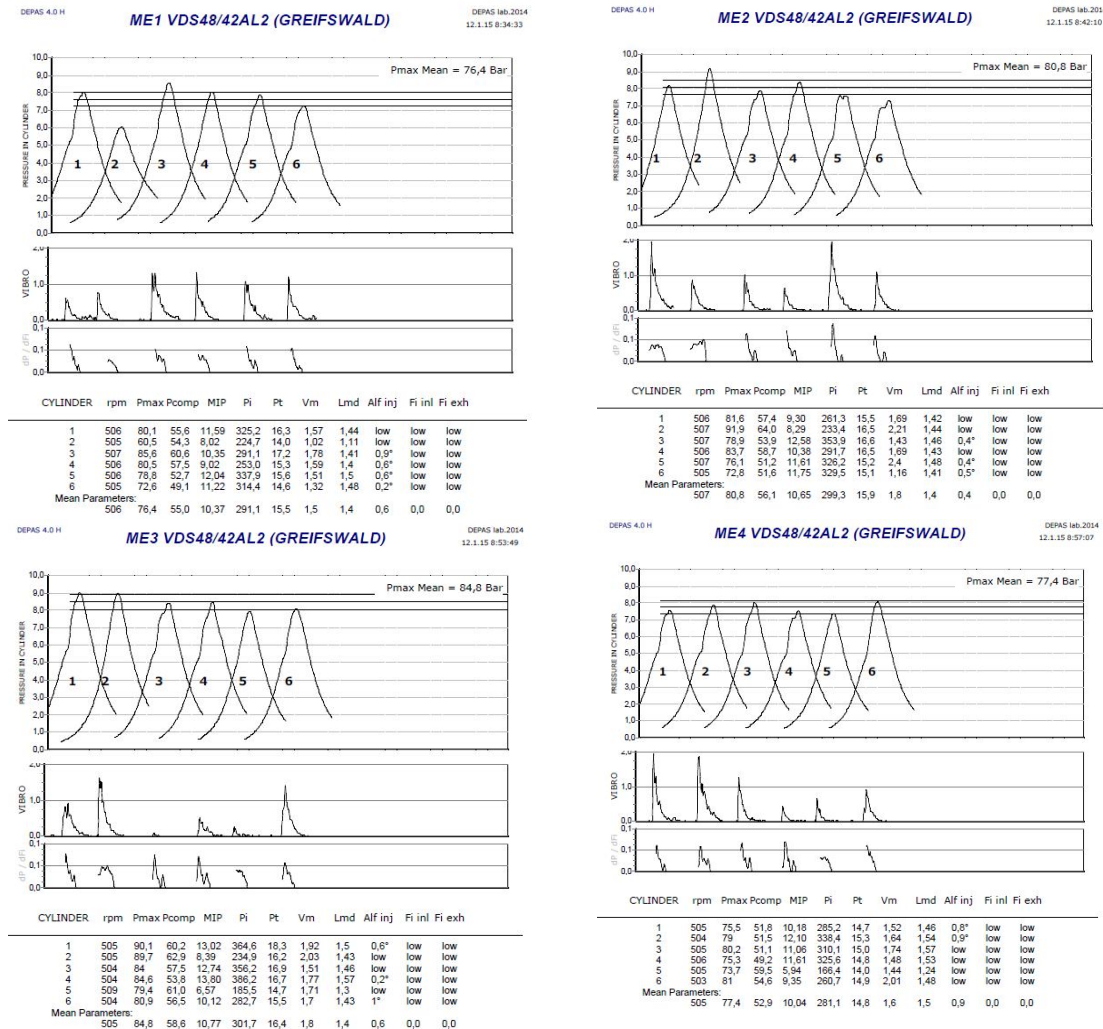


Рисунок 3 – Сводные индикаторные диаграммы ГД 6VDS48/42AL-2U т/х «Greifswald»

Вывод. После определения параметров рабочего процесса и построения сводных индикаторных диаграмм на основном эксплуатационном режиме необходимо устранить выявленные дефекты ЦПГ, ТА и МГР. После устранения дефектов необходимо выровнять цилиндровые мощности регулировкой цикловых подач топлива по цилиндрам. После балансировки мощностей необходимо произвести контрольное индицирование.

Выравнивание мощностей по цилиндрам при условии, что дефекты ЦПГ, ТА и МГР устранены, приводит к равномерному распределению тепловых и механических нагрузок между цилиндрами и, как следствие, повышению резерва мощности, уменьшению общего уровня вибрации, снижению удельного расхода топлива и повышению моторесурса двигателя [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильно-железнодорожный / пассажирский паром «Грейфсвальд» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ukrferry.com/vessels/vessel-greifswald>
2. Operating manual of diesel engine 6VDS48/42AL-2U / Neue Maschinenbau Halberstadt GmbH. 48-04029/E. – 271 с.
3. Diesel Engine Performance Analyzing System D4.0H: depas.odessa.ua, http://depas.od.ua/pdf/DEPAS_Handy_brochure_rus_Print.pdf
4. Varbanets R. Analyse of marine diesel engine performance / R. Varbanets, A. Karianskiy // Journal of Polish CIMAC. Energetic Aspects. – Gdansk : Faculty of Ocean Engineering and Ship Technology Gdansk University of Technology, 2012. – Vol. 7, No. 1. – С. 269-275.

МОНИТОРИНГ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ

Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кырнац В.И.

Одесский национальный морской университет
(Украина),

Игнатенко А.А.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Результаты исследований. С помощью методов параметрической диагностики были улучшены рабочие характеристики и повышена экономичность среднеоборотных дизелей К6S310DR маневровых тепловозов ЧМЭЗ.

Индицирование проводилось системой мониторинга D4.0H до и после очередного ремонта дизеля на станции реостатных испытаний в локомотивном депо № 1 Одесса-Сортировочная. Были выявлены и устранены неисправности в работе топливной аппаратуры высокого давления ТА и механизма газораспределения МГР. Особенности конструкции крышки цилиндра и установки форсунки дизеля К6S310DR позволили получить качественную картину топливоподачи и газораспределения на фоне развернутой $p(\varphi)$ диаграммы рабочего процесса.

Выводы. В результате достигнуто равномерное распределение механических и тепловых нагрузок по цилиндрам дизеля, повышен моторесурс и устранен перерасход топлива.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ *ITS*

Волков В.П., Грицук І.В., Волков Ю.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна),

Грицук Ю.В.

Донбаська національна академія будівництва і архітектури
(Україна, м. Краматорськ)

Вступ. Для організації ТО і Р з урахуванням стану ТЗ наприкінці 1990-х р.р. у США й країнах ЄС були прийняті стандарти, які ввели обов'язковість оснащення транспортних засобів (ТЗ) електронними системами контролю параметрів роботи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), пов'язаних зі зміною складу відпрацьованих газів (емісії) [1, 2]. У США з 1996 р. усі легкові автомобілі і легкі вантажівки обладнуються бортовою діагностикою OBD-II (On-Board Diagnostics II), яка використовує діагностичні коди несправностей (або помилок) (Diagnostic Trouble Codes - DTCs), що й дозволяє зчитувати DTCs, переглядати параметри роботи двигуна й інших електронних систем ДВЗ і ТЗ. Аналогічний європейський стандарт – EOBD, був прийнятий в 2001 р. [1, 2]. У рамках OBD-II стандартизовані діагностичні рознімання, протоколи обміну даними й частково стандартизовані DTCs, при обміні даними в OBD-II, в основному використовують протоколи ISO 9141, ISO 14230, SAE J1850 VPW, SAE J1850 PWM і CAN, тощо. [1, 2].

Актуальність досліджень. Аналіз технічних рішень, які випускаються сьогодні на ринку, показав, що в більшості з них відсутня можливість повноцінно аналізувати і прогнозувати технічний стан ДВЗ і ТЗ. Сучасні вимоги до систем управління ДВЗ і ТЗ роблять проблему прогнозування технічного стану актуальною. Для таких систем важливо встановити не тільки те, що ДВЗ і ТЗ справні в даний момент часу (в період контролю), але і те, що вони будуть продовжувати залишатися справними протягом деякого інтервалу часу в майбутньому. З іншого боку, на ринку обладнання присутні системи управління, здатні інстальювати повноцінні операційні системи, але їх використання сьогодні, поки що, проблематично для транспортних двигунів і ТЗ. Зазначені фактори дозволяють створення автоматизованої системи моніторингу, діагностування і прогнозування значень параметрів технічного стану ДВЗ і ТЗ в умовах *ITS*, заснованої на технології баз даних (БД), із застосуванням систем управління базами даних (СУБД).

Для цього проводяться дослідження на кафедрі «Технічна експлуатація і сервіс автомобілів» ХНАДУ, де було розроблено відповідне програмне забезпечення інтелектуальних програмних комплексів (ІПК) [2] на основі віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту «ХНАДУ-ТЭСА» [2], що забезпечило формування систем глобального моніторингу для отримання технічної інформації про окремі ТЗ, дослідження діагностичних параметрів і визначення роботоздатності ТЗ при їх експлуатації в умовах інформаційних можливостей *ITS*.

Постановка задачі. Для створення автоматизованої системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану, визначення роботоздатності і раціонального управління процесом експлуатації ТЗ у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів, що працюють в умовах *ITS*, з урахуванням дорожніх і експлуатаційних умов в оперативному режимі доцільно вирішити завдання, пов'язані з інформаційними і апаратно-програмними можливостями конкретної мікропроцесорної системи управління ДВЗ і ТЗ при їх роботі в межах віртуального підприємства.

Результати досліджень. В інформаційній системі моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану ТЗ в умовах *ITS* формування та передача інформації відбувається на основі роботи мікроконтролерів системи керування транспортною засобу,

оснащеного широким арсеналом комунікаційних розширень, що дозволяють збирати дані датчиків ДВЗ і ТЗ, частково обробляти результати вимірювань, видавати діагностичні повідомлення і передавати інформацію через порти OBD-II [3].

Для створення автоматизованої системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану, визначення роботоздатності і раціонального управління процесом експлуатації ТЗ у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів, що працюють в умовах *ITS*, з урахуванням дорожніх і експлуатаційних умов в оперативному режимі потрібно вирішити кілька завдань, пов'язаних з інформаційними і апаратно-програмними можливостями мікропроцесорної системи управління ДВЗ і ТЗ при їх роботі в межах віртуального підприємства [2].

Для виконання поставленої мети авторами розроблений бортовий інформаційний програмно-діагностичний комплекс (БПДК), який може бути успішно інтегрований у будь-яку *ITS*, тобто він здатний вирішувати її традиційні завдання. Однак його основне призначення – діагностування і контроль параметрів робочих процесів ДВЗ і ТЗ в умовах експлуатації [1, 2, 3] за допомогою бортової діагностики OBD-II. Технічними засобами комплексу є: діагностичний сканер, планшет (мобільний телефон (смартфон)), що встановлені в кабіні водія (машиніста) з наявністю необхідного програмного забезпечення.

За допомогою адаптера (сканера) *OBD-II* [2] (або контролера сканера-комунікатора (трекера) [2]), який підключений одночасно до лінії системи стандарту *OBD-II* ТЗ і до спряженого пристрою БПДК, за допомогою *USB* або *Wi-Fi*, або *Bluetooth*, через *GPS*, *a-GPS*, *ГЛОНАСС*, *SBAS*, *GPRS*, *Internet* або локальну мережу, відбувається з'єднання з *Web*-сервером, базою даних і необхідним програмним забезпеченням інформаційної системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану транспортного засобу в умовах *ITS*. Таким чином оперативна інформація, отримана з (через) *Internet*, *GPS*, *ГЛОНАСС*, *SBAS* і (або) *GPRS*, від ДВЗ і ТЗ поступає на автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі.

Наявність сенсорного екрану у БПДК надає водієві ТЗ і розробнику системи управління можливість створення зручних людино-машинних інтерфейсів нового покоління, максимально полегшують і спрощують працю оператора робочого місця внутрішньої мережі, що скорочують витрати на його професійну підготовку [4]. Планшетний ПК або смартфон, в силу своїх масо-габаритних особливостей, може безпосередньо вбудовуватись в передню панель ТЗ, як пристрій управління і відображення даних, які збираються через додаткові пристрої збору та передачі інформації БПДК. Подібні технічні рішення дозволяють використовувати операційні системи з розвиненим графічним інтерфейсом (наприклад, *Torque*, *Orange* тощо) [2, 4].

В межах описаного БПДК і віртуального підприємства [2, 4] інформаційне забезпечення системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану транспортного засобу в умовах *ITS* може мати структуру, що представлена на рис. 1.

Інформаційне забезпечення системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану транспортного засобу в умовах *ITS* складається з двох основних частин і має адресну спрямованість, а саме програмного забезпечення загального призначення і спеціального програмного забезпечення, яке являє собою програмний код, що виконує збір, зберігання та обробку інформації ДВЗ і ТЗ [2, 4]. Програмна спрямованість ПЗ відноситься безпосередньо до БПДК і до робочого місця внутрішньої мережі або сервера. Згідно вимог до ПЗ і інформаційної системи [2, 4], вона реалізує вирішення таких задач: збирання даних з ДВЗ і ТЗ; зберігання даних у файлі БД; побудова функціональних залежностей у часі; побудови прогнозу технічного стану ДВЗ і ТЗ за визначеними параметрами.

Прикладне ПЗ, у відповідності до вирішуваних завдань складається з таких елементів, як підсистема, що реалізує графічний інтерфейс користувача і підсистема обробки даних. При виконанні первинної обробки отриманих з ТЗ даних послідовно

відбувається виконання операції переконвертації отриманих табличних даних до стандартного вигляду і передача їх до інформаційної системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану транспортного засобу в умовах *ITS*.

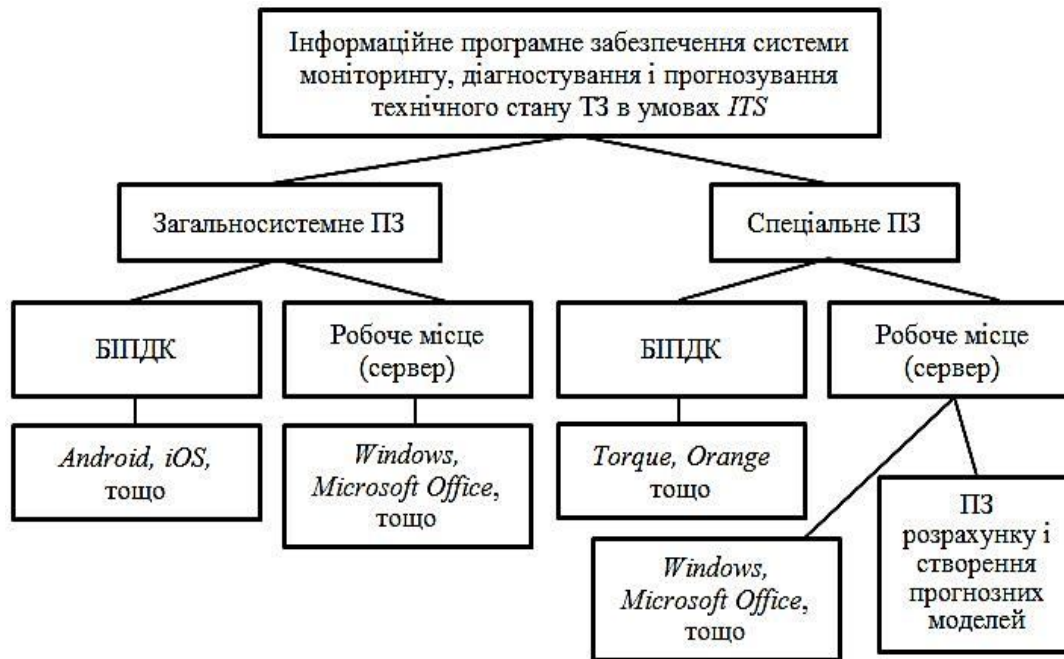


Рисунок 1 – Структура інформаційного забезпечення системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану ТЗ в умовах *ITS*

Кожен параметр ДВЗ і ТЗ є кількісним виразом тих фізичних процесів, які протікають у ньому. Однак, для більшості елементів і приладів функціональну залежність параметра від вказаних процесів практично неможливо визначити у зв'язку з їх складністю. Якщо ж процеси в часі приймають і носять стійкий характер, то на закономірності зміни параметра це позначиться певним чином [2, 4].

При побудові системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану ТЗ в умовах *ITS*, виконуються відповідні етапи роботи, а саме визначення цілі прогнозування контрольованих параметрів ДВЗ і ТЗ; визначення горизонтів прогнозу; вибір однієї або декількох кривих, форма яких відповідає характеру зміни часового ряду; оцінка параметрів обраних кривих; перевірка адекватності обраних кривих прогнозованого процесу і остаточний вибір кривої; розрахунок прогнозу у відповідному інтервалі часу; оцінка точності прогнозування та наявності автокореляції випадкової складової [2, 4].

Метою прогнозування параметрів ДВЗ і ТЗ є дослідження динаміки і виявлення виходів за допустимі межі значень контрольованих параметрів у майбутньому. В залежності від того, в якому режимі працює ДВЗ і ТЗ, вибирається горизонт для прогнозу. У разі якщо ДВЗ і ТЗ працює в складних експлуатаційних режимах, дуже важливо прогнозувати значення параметрів на короткі терміни. У випадку роботи ДВЗ і ТЗ в періодичному режимі, то необхідно забезпечити отримання вимірювань не менше одного разу протягом одного включення.

При вирішенні завдань прогнозування параметрів в часі, що мало змінюються (саме такими параметрами є основні параметри ДВЗ і ТЗ, що має високий ступінь відмовостійкості та надійності), застосовуються досвідні однопараметричні методи статистичне моделювання [4].

Висновок. Запропонований підхід до формування і створення інформаційного забезпечення системи моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану ТЗ в умовах *ITS* при роботі в межах віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Матейчик В. П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик, В. П. Волков, П. Б. Комов, І. В. Грицук, А. П. Комов, Ю. В. Волков // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал – К. : НТУ, 2014. – Випуск 13. – С. 126-138.
2. Волков В. П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем. Монография / Под ред. Волкова В. П. / В. П. Волков, В. П. Матейчик, О. Я. Никонов О. Я., П. Б. Комов, И. В. Грицук, Ю. В. Волков, Е. А. Комов. – Донецк : Изд-во «Ноулидж», 2013. – 398с.
3. Волков В. П. Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / В. П. Волков, І. В. Грицук, А. П. Комов, Ю. В. Волков // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. – Випуск 30. – С. 51-62.
4. Технические возможности повышения ресурса автономных электростанций энергетических систем : Монография. / В. А. Атрощенко, Ю. Д. Шевцов, П. В. Яцынин, Р. А. Дьяченко, М. Н. Педько. – Краснодар : Издательский Дом - Юг, 2010. – 192 с.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АПРОБАЦИИ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Егоров О.И.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна
(Украина)

Вступление. Задача идентификации поезда актуальна во многих информационных системах, отображающих состояния технологических процессов на железной дороге. Одной из них является задача определения поезда прошедшего контрольный участок при некотором наборе возможных вариантов поездов. Информация о каждом поезде представлена в виде телеграммы натурального листа поезда (ТГНЛ), с указанием всех вагонов входящих в его состав и их номеров. На основании набора ТГНЛ поездов и идентифицированных параметров поезда необходимо определить соответствие данного поезда и его ТГНЛ. Решение данной задачи выполнено на основании исследованной погрешности идентификации подвижных единиц и разработанных методов идентификации [1].

Результаты исследования. Для апробации и проверки правильности работы метода идентификации поезда с использованием ТГНЛ было выбрано имитационное моделирование.

Имитационная модель была разработана в среде Borland Delphi 7.0 с использованием СУБД FireBird 2.0. Она позволяет проверить правильность работы различных алгоритмов идентификации поездов при одинаковых входных и выходных данных.

Разработанная имитационная модель выполняет следующие действия:

- ввод исходных данных моделирования;
- формирование списка поездов;
- ведение базы данных парка грузовых вагонов с их характеристиками и особенности их нумерации;
- отображение промежуточных данных процесса моделирования;
- отображение результатов моделирования.

В качестве входных параметров имитационной модели были выбраны следующие показатели:

- начальная скорость движения поезда, м/с;
- ускорение движения, м/с²;
- расстояние между датчиками, м;
- среднее квадратическое отклонение ошибки датчика, мм;
- список номеров вагонов поезда, подлежащего идентификации;
- количество поездов идентификации;
- коэффициент качества идентификации.

При формировании списка поездов предоставляется возможность выполнения операций удаления, добавления, а также корректировки номеров вагонов. Имитационная модель позволяет изменять количество типов подвижных единиц и их характеристики, а также изменять порядок нумерации вагонов.

В качестве промежуточных данных представлены следующие величины:

- значения межосевых расстояний поезда;
- значения определенных межосевых расстояний поезда;
- значения ошибки определения межосевых расстояний поезда;
- время наезда каждого колеса поезда на каждый из трех датчиков;

– интервалы времени между наездом каждой пары смежных колес поезда на каждый из трех датчиков.

Результаты моделирования состоят из следующих данных:

– определенные значения расстояния между внутренними осями каждого вагона и его осьность на каждом датчике;

– массивы возможных номеров каждого вагона идентифицируемого поезда;

– показатель совпадений для каждого из рассматриваемых поездов;

– конечный результат – определенный поезд.

Эксперименты идентификации поезда проводились на имитационной модели, при следующих начальных условиях:

– начальная скорость изменялась в пределах от 10 до 20 м/с с шагом 1 м/с;

– ускорение изменялось в пределах от 0,01 до 0,05 м/с² с шагом 0,01 м/с²;

– расстояние между датчиками принималось равным 3 м и 6 м;

– погрешность датчика (среднее квадратическое отклонение ошибки фиксации колеса) изменялась в пределах от 5 мм до 20 мм с шагом 1 мм;

– количество поездов идентификации 7, 10 и 15;

– коэффициент качества идентификации принимал значения 3 и 5.

Для каждого из набора данных проводилось 50 испытаний.

Испытания проводились в двух режимах:

– полное соответствие между идентифицируемым поездом и его ТГНЛ;

– измененный состав идентифицируемого поезда (отцепление, прицеп вагонов).

Выводы. Поезд, подлежащий идентификации, выбирался вручную или автоматически из списка поездов по закону равномерного распределения. Группа поездов формировалась автоматически по закону равномерного распределения без повторений одного и того же поезда в группе.

Полный список поездов содержит 61 поезд. В качестве объектов идентификации были собраны ТГНЛ поездов со станции Запорожье-Левое за двое суток.

Все эксперименты показали успешную идентификацию выбранного поезда.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жуковицкий И. В., Егоров О. И. Автоматизированная идентификация подвижных единиц и поезда в целом // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. – № 6. – С. 77-82.

СИСТЕМНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РЕКОНФІГУРАЦІЇ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМИ КОРАБЛЯМИ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ОСОБЛИВИХ СИТУАЦІЙ У ПОЛЬОТІ

Казак В.М., Шевчук Д.О.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Надійне функціонування таких надскладних об'єктів, як атомні електростанції, підприємства газотранспортної та хімічної галузей, космічна та авіаційна техніка потребує від сучасних систем та комплексів автоматичного керування властивостей відновлення їх керованості в умовах виникнення аварійної чи катастрофічної ситуації за рахунок реконфігурації: керувальних дій, структури, конфігурації об'єкта керування або цільових завдань, і тим самим збереження безпечного режиму роботи. Складність вирішення проблеми забезпечення заданого рівня безпеки польотів безперервно зростає у зв'язку з підвищенням інтенсивності використання авіаційної техніки, що крім відомих впливів, веде до значного збільшення імовірності зіткнення у польоті з механічними, біологічними та електричними формуваннями, а також розширенням кола виконуваних нею функціональних завдань (розвитком стратегії використання авіації у локальних війнах, що змусило провідні держави світу негайно зайнятися дослідженнями, спрямованими на підвищення рівня живучості повітряних кораблів (ПК)). Порівняльний аналіз статистичних даних ІКАО показав, що 35% авіаційних подій спричинено пошкодженнями зовнішніх обводів ПК і керувальних органів, відмовами та пошкодженнями елементів пілотажно-навігаційного комплексу, причому головним чином відмовами їх приводів. Варто відзначити надзвичайно високу швидкоплинність розвитку аварійної ситуації, що в свою чергу потребує миттєвого втручання в ситуацію для вжиття необхідних керувальних дій щодо запобігання її розвитку або переростання у катастрофічну. Усе це зумовлює зростання ролі бортових засобів автоматичного виявлення і класифікації пошкоджень зовнішніх обводів і керувальних поверхонь ПК у польоті, розроблення перспективних методів і систем автоматичної реконфігурації керувальних дій, а також інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень екіпажем в умовах виникнення типових особливих ситуаціях (ОС).

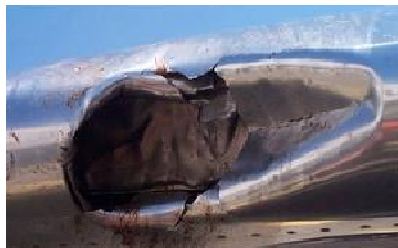
Постановка задачі. Метою дослідження є розроблення концептуальних положень і теоретичних основ відновлення керованості та стійкості ПК в умовах виникнення типових ОС у польоті на основі теорії та системних методів автоматизації процесів реконфігурації керування ПК, а також методів і систем діагностування їх аеродинамічного стану в польоті.

Результати досліджень. За даними Федерального управління цивільної авіації США (FAA) щорічно в цивільній авіації відбувається до п'яти великих авіаційних пригод, вагома частка яких припадає на зіткнення літаків з біологічними, механічними або електричними формуваннями. У ПК попередніх поколінь з причин відсутності засобів автоматичної реконфігурації керування, ці функції покладено на екіпаж. У цьому випадку результат реконфігурації керування повністю залежить від вміння, досвіду та особистих характеристик пілота, хоча принципово реконфігурація дозволила запобігти 70% випадків тяжких авіаційних пригод через пошкодження зовнішніх обводів ПК, а також відмов приводів і кермових органів (висновок зроблено на підставі аналізу причин авіаційних пригод, що сталися в США).

У роботі пропонується концепція системи автоматичного керування із функціями реконфігурації, що забезпечує відновлення керованості та стійкості ПК в умовах виникнення ОС за рахунок реконфігурації керувальних сигналів, структури системи, конфігурації ПК або цільових завдань, тобто збереження безпечного режиму польоту.

Під параметричною реконфігурацією розуміється зміна коефіцієнтів (передавальних чисел) зворотних зв'язків для відновлення заданих характеристик динамічної стійкості і керованості ПК в умовах раптового виникнення незначних пошкоджень його зовнішніх обводів. Наприклад, після зіткнення ПК з біологічними, механічними або електричними формуваннями виникають пробої, вм'ятини та розриви зовнішньої обшивки, які призводять до часткової зміни їх аеродинамічних характеристик у польоті (рис. 1а).

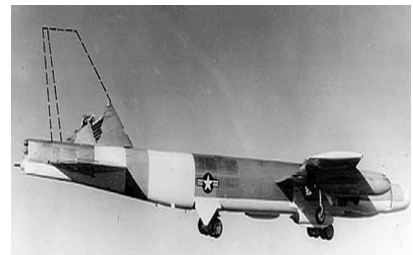
Структурна реконфігурація полягає в перерозподілі керувальних дій на справні органи механізації для створення необхідних керувальних сил і моментів, що забезпечують відновлення керованості і стійкості ПК в умовах виникнення аварійної ситуації у польоті. Наприклад, у листопаді 2003 року літак Airbus A300 обстріляли бойовики після зльоту у Багдаді. В результаті попадання ракети було істотно пошкоджено лівий закриллок, але екіпажу вдалося відновити стійкість і керованість ПК за рахунок зміни тяги двигунів та здійснити успішну аварійну посадку (рис. 1б). 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. Наприклад, під час виконання польотного завдання у літака B-52H було відірвано кіль. Для забезпечення бічної стійкості екіпаж миттєво випустив усі стояки шасі. Літак виконав безпечну аварійну посадку (рис. 1в). 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.



а



б



в

Рисунок 1 – Приклади ОС у польоті

Ключовою особливістю пропонованої концепції є те, що АСРК (автоматизованої системи реконфігурації керування) ПК розглядається як багатоконтурна система каскадної структури з трьома рівнями керування (рис. 2).

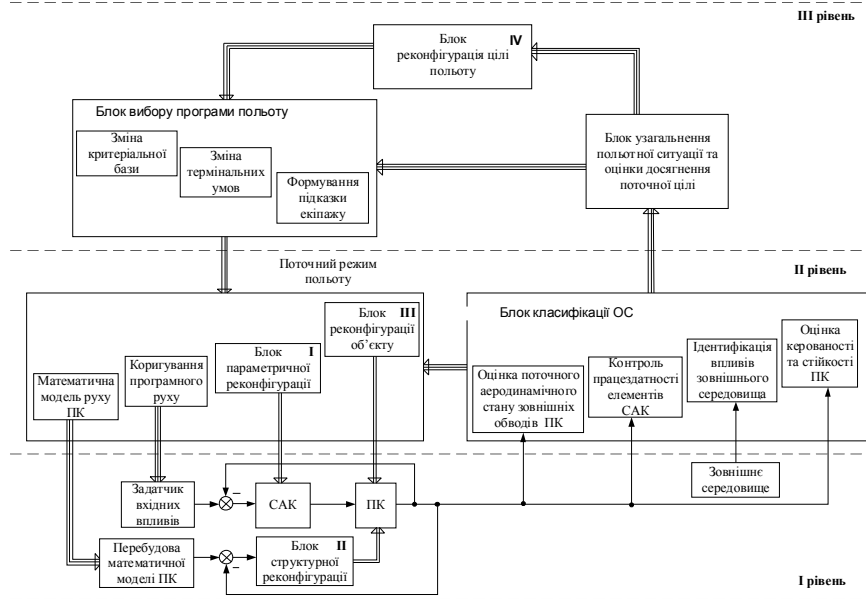


Рисунок 2 – Багаторівнева структурна схема АСРК

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, окрім того, він передає в модуль реконфігурації керувальних дій всю інформацію про класифіковане пошкодження/відмову.

Модуль реконфігурації формує нові керувальні впливи для парирування, а вразі неможливості повного парирування впливу ОС максимально можливого зниження його наслідків.

Висновки. Системні методи автоматизації процесів реконфігурації керування ПК, а також методи і систем діагностування аеродинамічного стану зовнішніх об'єктів ПК у польоті дозволять забезпечити високий рівень безпеки польотів в умовах виникнення ОС у польоті.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОНФЛИКТНЫХ ЗОН ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Канский Д.В.

Белорусский национальный технический университет
(Республика Беларусь, г. Минск)

Вступление. Дорожное движение – жизненно необходимое, но очень с пещифичное (рассредоточенное, неподконтрольное, с «человеческим» и другими факторами), масштабное (3,2 млн автомобилей и все население страны), опасное (более 100 тыс. аварий в год и страшное экологическое загрязнение в городах) и дорогостоящее (только невынужденные потери в 2001 году составили около 1,8 млрд. долларов, в 2009 – 4,4 млрд. долларов, в 2013 – 6 млрд. долларов, что соизмеримо с 8 % ВВП (в т.ч. 70 % – экономика, 22 % – экология, 8 % – аварийность) [1, 2].

Организация дорожного движения (ОДД) – это комплексная деятельность, которая включает управление движением, обеспечение управления (проектирование, нормативы, наука и т.д.) и воздействие на среду движения через согласования, приемку объектов и т.д. [3, 4]. Она сильно зависит от уровня автомобилизации – при низком уровне она считалась всего лишь одним из видов работ по содержанию дорог, а при высоком уровне превращается в самостоятельный вид комплексной деятельности со своей прикладной наукой. В связи с бурным ростом автомобилизации в Беларуси переход ОДД из одного статуса в другой должен был объективно состояться в начале 90-х годов, но не состоялся по разным причинам. Поэтому страна и несет такие огромные потери, половина из которых может быть устранена методами ОДД без значимых капиталовложений.

ОДД объективно затрудняется тем, что качество дорожного движения определяется совокупностью его основных свойств – аварийности, экологичности, экономичности и социологичности, каждое из которых оценивается по своим критериям, которые несовместимы друг с другом. Поэтому во многих странах, в т.ч. и у нас, качество оценивают по числу аварий с пострадавшими, которое в лучшем случае оценивает лишь 4 % ущерба, наносимого плохим качеством дорожного движения, если в этом году таких аварий меньше, чем в прошлом, хорошо, если больше – плохо. А все остальное – экономика, экология и социальные отношения и даже аварии без пострадавших, а они составляют около 94 % от общего количества аварий и их расчетная стоимость намного превышает стоимость аварий с пострадавшими – никого не интересуют, никто за них не отвечает [5, 6]. Отсюда и плохое качество дорожного движения, и такие дикие потери при относительно неплохих дорогах, автомобилях, водителях и пешеходах.

В развитых странах используют американский критерий – «уровень обслуживания», который уже учитывает скорость и ее равномерность, удобство вождения, прерывание потока и другие факторы – это намного эффективнее [7, 8]. Но этот критерий – качественный, оценивает лишь фактическое состояние движения путем отнесения его к одному из шести уровней обслуживания, не учитывает еще многих факторов и не позволяет оптимизировать решения на стадии их разработки.

Результаты исследований. В БНТУ, в созданной там научной школе ОДД, в начале этого столетия разработан новейший, уже белорусский, комплексный критерий «потери», представляющий собой социально-экономическую стоимость излишних, невынужденных издержек процесса движения – задержек, остановок, перепробега, излишних выбросов в атмосферу и транспортного шума, любых аварий, нарушений законности и т.д. [9, 10]. Поскольку он дает количественную оценку качества, в деньгах, то можно сопоставлять любые свойства, оценивать и оптимизировать любые решения еще на стадии их разработки. Здесь же, в БНТУ, был разработан новейший белорусский высокоточный метод прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, который учитывает

около 110 параметров различных факторов, влияющих на аварийность, и позволяет делать прогноз еще на стадии разработки решений [11,12]. Появилась принципиальная возможность оптимизировать любые варианты решений и принимать только наилучшие – это обещало прорыв в ОДД.

Как известно, прогнозирование аварийности осуществляется по следующим методам: статистическому, конфликтных ситуаций, экспертному и потенциальной опасности (рис. 1).

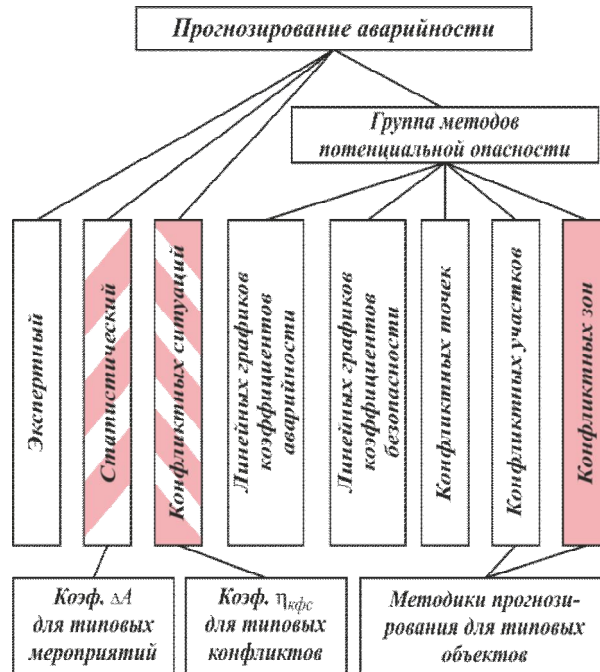


Рисунок 1 – Классификация методов прогнозирования аварийности

Метод конфликтных зон прогнозирования аварийности по потенциальной опасности был разработан на базе метода конфликтных участков [11,12]. Уточнены некоторые зависимости внутри групп факторов, определяемых коэффициентами структурной формулы. Было введено ранжирование аварий по тяжести последствий, понятие «порог чувствительности» – такая величина потенциальной опасности, ниже которой она не вызывает аварий. Было введено понятие «конфликтная зона» – неразрывная группа компактно расположенных и взаимодействующих между собой пространственных конфликтных точек, границы которых соприкасаются или пересекаются. Пространственная конфликтная точка – это ограниченное пространство (площадь) на проезжей части вокруг геометрической конфликтной точки, одновременный проезд через которое двух конфликтующих участников физически невозможен (для легковых автомобилей – около 22 м²). Конфликтная зона позволяет учитывать некоторые психологические аспекты взаимодействия конфликтующих участников дорожного движения и существенно повысить точность прогноза. Схема образования конфликтных зон показана на рис. 2.

Потенциальная опасность конфликтных точек нелинейно суммируется в пределах конфликтной зоны с учетом порога чувствительности. При этом потенциальная опасность конфликтных зон ранжируется в зависимости от величины наиболее опасных конфликтных точек и расстояния между ближайшими конфликтными точками исследуемых конфликтных зон. Определяется вероятное число приведенных (к аварии с материальным ущербом) аварий для каждой конфликтной зоны, которое затем для каждого конфликта суммируется в пределах всего объекта для каждого режима движения. Зная распределение аварий по тяжести последствий для каждого вида конфликта и режима движения, можно определить для исследуемого объекта прогнозируемое число аварий каждой тяжести последствий.

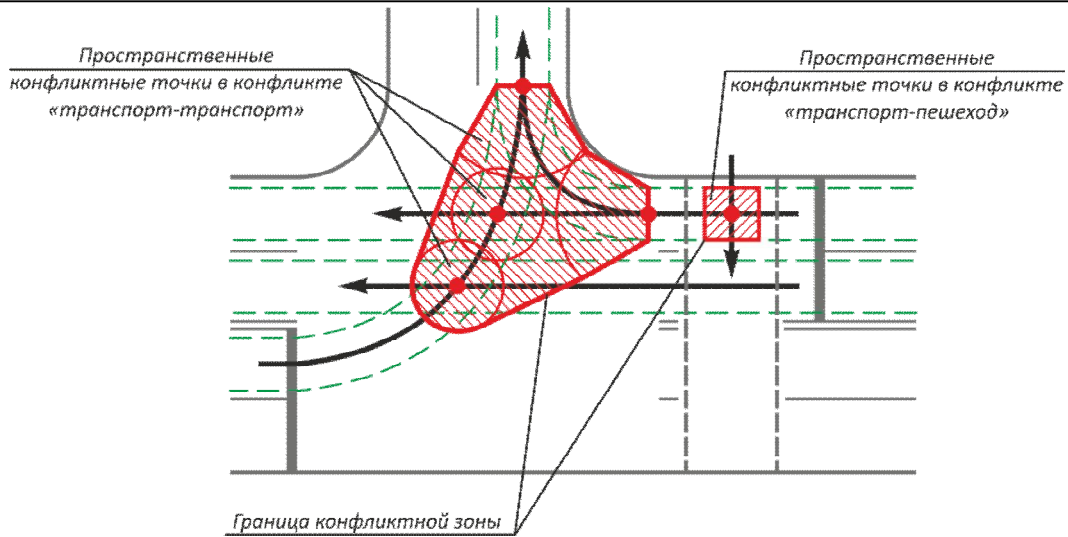


Рисунок 2 – Схема образования конфликтной зоны

Метод позволяет с относительно высокой точностью (более чем в 5 раз выше по сравнению с базовым методом конфликтных участков), достаточной для решения практических задач по организации дорожного движения, прогнозировать аварийность в очагах как на уже существующих объектах, так и еще на стадии выбора решений при проектировании или реконструкции объектов. Это открывает широкие возможности для резкого снижения очаговой аварийности, вплоть до ликвидации большинства очагов.

Для практической реализации метода созданы специальные (частные) методики прогнозирования аварийности в данном виде конфликта, на данном типовом объекте в данном режиме работы объекта, которые учитывают типовые особенности конфликта, объекта и режима его работы.

Таким образом, разработана методика расчета аварийных потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, включающая прогнозирование аварийности и определение расчетной стоимости аварийных издержек, позволяющая еще на стадии принятия решений или разработки мероприятий по повышению безопасности движения оценить аварийные потери при любых изменениях регулирования, транспортной и пешеходной нагрузки и дорожных условий.

В результате проведенных исследований для регулируемых перекрестков и искусственных неровностей для каждого вида конфликта установлены закономерности формирования конфликтных зон, значения порога чувствительности по потенциальной опасности, значения коэффициентов динамического приведения аварий различной тяжести последствий, а также нелинейные зависимости аварий от потенциальной опасности, учитывающие физическую сущность рассматриваемых конфликтов.

Выводы. На основании полученных результатов разработан комплекс новых методик прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, включающий три методики прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках в конфликтах «транспорт–транспорт» (столкновения с ударом сзади и попутные), «поворотный транспорт–пешеход», «транзитный транспорт–пешеход» и две методики прогнозирования аварийности на искусственных неровностях в конфликтах «транспорт–транспорт» (столкновения с ударом сзади и попутные) и «транзитный транспорт–пешеход», отличающихся учетом большого количества факторов (более 10), характеризующихся около 110 параметрами, влияющих на аварийность, и высокой точностью прогноза (более чем в пять раз по сравнению с самым современным известным методом) (F -критерий ≥ 200 ; $R \geq 0,74$; $E \leq 0,74$), впервые позволяющий (в совокупности с ранее разработанной автором методикой прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон на регулируемых перекрестках в конфликте «транспорт–транспорт», столкновения боковые и поворотные) получить точный прогноз аварийности на указанных объектах на стадиях

выбора решений, проектирования, реконструкции или функционирования объекта и повысить безопасность дорожного движения на исследуемых конфликтных объектах не менее чем на 15 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капский Д. В. Роль организации дорожного движения в транспортной системе города / Д. В. Капский // Транспорт и сервис. – 2014. – № 2. – С. 47–51.
2. Врубель Ю. А. Водителю о дорожном движении : пособие для слушателей учебного центра подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров автотракторного факультета / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. –3-е изд., дораб. – Минск : БНТУ, 2010. – 139 с.
3. Блинкин М. Я. Безопасность дорожного движения : история вопроса, международный опыт, базовые институции / М. Я. Блинкин, Е. М. Решевтова. – М. : Высшая школа экономики, 2013. – 240 с.
4. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
5. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
6. Врубель Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.
7. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 424 с.
8. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : справочник / В. У. Рэнкин [и др.]. ; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
9. Капский Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : монография / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.
10. Врубель Ю.А. Опасности в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2013. – 244 с.
11. Капский Д. В. Совершенствование метода прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках для повышения безопасности дорожного движения : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Д. В. Капский. – Минск, 2003. – 132 с.
12. Капский Д. В. Метод конфликтных зон прогнозирования дорожно-транспортной аварийности по потенциальной опасности : монография / Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2015. – 372 с.

ВЫБОР КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ СУДНА

Нестеренко В.Б., Завальнюк О.П.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Вопросы безопасности мореплавания и охраны окружающей среды достаточно тесно связаны. В условиях глобального потепления аварии морских судов и сопутствующие им разливы нефтепродуктов особенно болезненно влияют на морскую среду. Внедрение на суда автоматического контроля механических напряжений судового корпуса и мониторинга общей прочности судна в процессе его эксплуатации позволит увеличить надежность и безопасность работы морского флота, что положительно скажется и на экологической обстановке.

Актуальность исследований. В настоящее время в эксплуатации находится большое число судов, которые выработали свой расчетный ресурс, но тем не менее, продолжают работать далее, т.к. их замена требует значительных капитальных вложений. Вместе с тем, мировая морская общественность уделяет большое внимание безопасности мореплавания, охране человеческой жизни на море, а также защите окружающей среды. С ростом интенсивности судоходства, а значит и риска аварийности Международная морская организация (ИМО) рекомендовала оборудовать крупнотоннажные морские суда системами мониторинга прочности корпусов судов. Однако по разным причинам судовладелец уходит от установки такого оборудования, а современная история торгового мореплавания пополняется трагическими случаями, несущими гибель судов и людей, потерю перевозимых грузов, загрязнения окружающей среды нефтяными продуктами. Среди наиболее тяжелых аварий, которые привели к разрушению судовых корпусов, необходимо выделить: т/х «ЕРІКА» (1999 г.), т/х «ЕUROBULKER» (2000 г.) т/х «РЕSTIGE» (2002 г.), т/х «ВАСИЛІЙ» (2010 г.), т/х «MOL COMFORT» (2013 г.).

В связи с этим рабочей группой научно-исследовательской учебной лаборатории «Экспертная оценка и мониторинг общей прочности судов для обеспечения безопасности мореплавания» ХГМА [1-3] был разработан и изготовлен опытно-промышленный образец феррозондового устройства непрерывного контроля механических напряжений корпуса судна, который прошел успешные испытания в лабораторных и полевых условиях.

Постановка задачи. Определить корпусные конструкции, наиболее подходящие для автоматического контроля механических напряжений судового корпуса и мониторинга общей прочности судна с помощью разработанного магнитоизмерительного комплекса.

Результаты исследований. Морское судно представляет собой сложное инженерное сооружение, которое для выполнения своего предназначения должно обладать рядом качеств, в том числе, и прочностью, т. е. способностью [4] выдерживать без разрушений внешние силовые воздействия в течение установленного срока службы при определенных условиях эксплуатации. Как правило, эксплуатации корпуса морского судна, сопутствует длительное действие постоянно меняющихся внешних нагрузок. Характер и величина механических напряжений, возникающих при этом в корпусе судна, различны и зависят в большей степени от корректности проведения грузовых и балластных операций, условий плавания, а также многих других факторов. При некоторых неблагоприятных обстоятельствах отдельные узлы корпуса перегружаются. Из-за этого возникают риски появления остаточных деформаций и местных разрушений, которые, в свою очередь, приводят к нарушению или потере судном прочности. Установлено [5, 6], что повреждения отдельных корпусных конструкций судов вызваны недостаточной общей продольной и местной прочностью. Это обусловлено, главным

образом, тем, что во время эксплуатации судна не учитываются величина и распределение механических напряжений, действующих в несущих судовых конструкциях.

Наука судостроения [7] выработала определенные нормы проектирования и постройки судовых конструкций и корпуса в целом, которые учитывают район плавания, технологии перевозки грузов, гидрометеорологические особенности, температурные и другие условия эксплуатации судна. В конце XIX века английскими учеными Э. Ридом и Стенбюри было установлено, что корпус судна при общем изгибе ведет себя подобно простой балке. И сейчас, рассматривая судовой корпус с точки зрения прочности, его, как правило, представляют [8] в качестве пустотелой коробчатой балки переменного сечения, которая образована днищем, верхней палубой и бортами и подкреплена изнутри поперечными и продольными переборками, а также внутренними палубами и платформами.

Согласно [9] корпус судна является совокупностью плоских перекрытий (палубы, борта, днище, переборки, платформы и т. п.). Все эти перекрытия, связанные между собой, образуются системой пересекающихся балок. Балки перекрытий являются опорным контуром для обшивки и настилов и подразделяются на рамные связи и балки основного набора. Как правило, современные морские суда строят по комбинированной системе набора, когда днище и палубу выполняют по продольной, а борта – по поперечной системе набора, тем самым обеспечивая прочность судна.

Каждое судовое перекрытие играет свою важную роль в обеспечении прочности и жесткости корпуса судна. Так верхняя палуба [4, 9] является самой напряженной связью, образуя верхний пояс корпуса судна. В то время как днище судна, образуя нижний пояс, обеспечивает прочность корпуса при общем изгибе в вертикальной плоскости. Кроме того, днище воспринимает давление воды, а также давление грузов, находящихся в трюмах и отсеках. Борта судна вместе с продольными переборками воспринимают срезающие усилия, которые возникают при изгибе корпуса судна в вертикальной плоскости. Борта, как и днище, воспринимают давление забортной воды и удары волн, а также ледовые нагрузки и нагрузки в ходе выполнения швартовых операций при касании корпуса причала. Продольные переборки также могут служить для того, чтобы воспринимать поперечную нагрузку от жидких грузов при возникновении эффекта выплескивания (sloshing).

В соответствии с [9] при решении задач об общем изгибе корпуса как пустотелой балки сложного и переменного по длине профиля, площади поперечных сечений всех конструктивных элементов, идущих непрерывно вдоль судна, заменяют условной балкой, которая называется эквивалентным брусом. С разработкой способа проверки общей продольной прочности по эквивалентному брусу [7] в целом была сформирована методология обеспечения прочности – важного эксплуатационного свойства судна в том виде, в котором она существует и на сегодняшний день. Принцип формирования эквивалентного бруса показан на рис. 1.

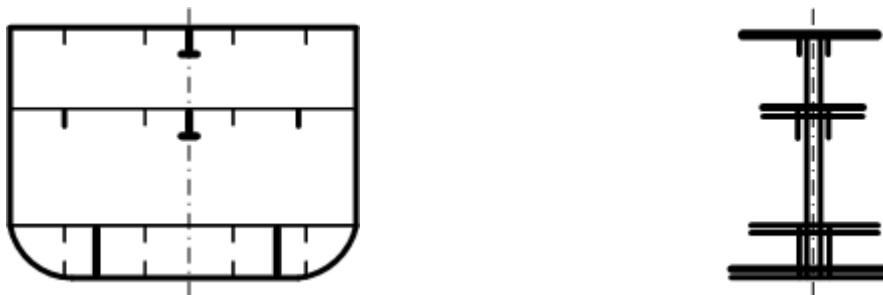


Рисунок 1 – Эквивалентный брус корпуса судна:
а – поперечное сечение судна; б – эквивалентный брус судна

Сплошной комингс грузовых трюмов (рис. 2) представляет собой одну из важнейших несущих продольных связей корпуса судна и поэтому является легкодоступным и наиболее удобным в качестве объекта контроля механических напряжений судового корпуса в процессе его эксплуатации. При полном раскрытии палуб продольные комингсы [5], как правило, делают непрерывными, и они являются частью эквивалентного бруса. В обычных условиях, когда над палубой есть два продольных непрерывных комингса, нормируются напряжения в верхней палубе, а для восприятия более высоких напряжений в комингсах их выполняют из более прочных сталей, способных воспринимать и более высокие напряжения, чем напряжения в верхней палубе.

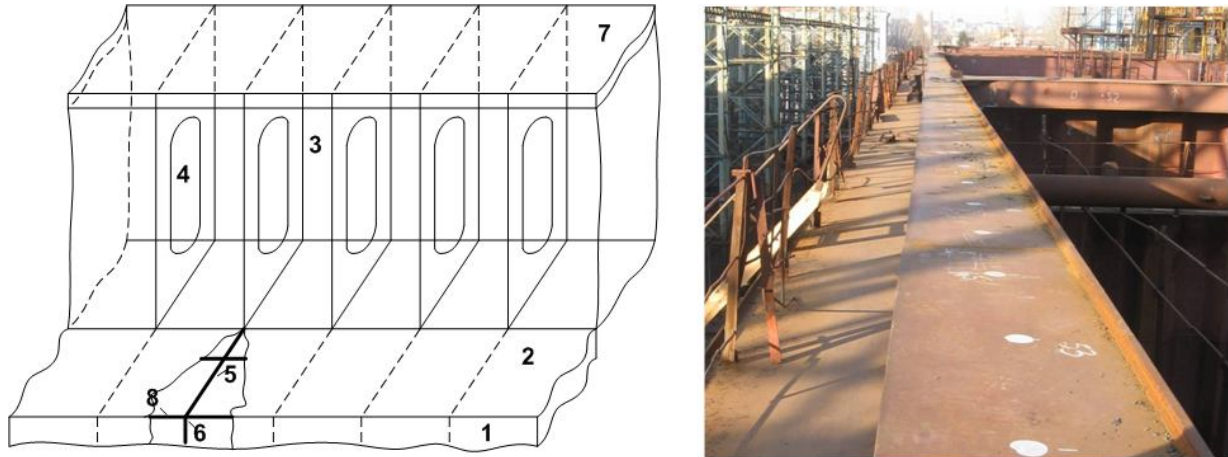


Рисунок 2 – Комингс грузовых трюмов:

1 – борт судна (пояс ширстрека); 2 – настил палубы; 3 – комингс люка; 4 – стойки комингса; 5 – бимс; 6 – шпангоут; 7 – горизонтальная пластина комингса; 8 – подпалубный стрингер

Вместе с тем, частью эквивалентного бруса является и горизонтальный киль судового корпуса, который представляет собой утолщенный пояс днищевой обшивки, симметричный относительно диаметральной плоскости. Горизонтальный киль, как и непрерывный комингс, может воспринимать механические напряжения сжатия и растяжения. Для крупнотоннажных судов характерен коробчатый или туннельный киль, образованный двумя вертикальными стрингерами, обычно симметричными диаметральной плоскости, с расстоянием не более 1,8 м между ними.

Так комиссией по расследованию гибели большого контейнеровоза (8000 TEUs) т/х «MOL COMFORT» [10] было установлено, что разрушение корпуса судна началось с трещины в листе горизонтального киля в районе стыковки двух секций корпуса судна в районе мидель-шпангоута. Согласно [5] «распространение трещин происходит в условиях жестоких штормов как результат малоциклового усталости металла». Деформации и бухтины в обшивке днища были обнаружены в районе мидель-шпангоутов всех однотипных судов серии MOL. Обследование судов данной серии было оперативно организовано судоходной компанией незамедлительно после катастрофы т/х «MOL COMFORT». Информация об обнаруженных дефектах, в частности, бухтины со стрелкой прогиба до 30 мм в указанном выше районе, была доведена до сведения морской общественности. Районы повышенной вибрации, вызывающей значительные деформации обшивки, были укреплены, за ними было установлено особое наблюдение и контроль.

Выводы. Учитывая известный способ проверки общей продольной прочности по эквивалентному брусу, наиболее подходящими для автоматического контроля механических напряжений судового корпуса и мониторинга общей прочности судна с помощью разработанного магнитоизмерительного комплекса являются: комингс грузовых трюмов, а также горизонтальный киль судового корпуса. Местами повышенных механических напряжений, преимущественно, являются поперечные сечения корпуса, близкие к миделю судна. Во время тяжелых штормовых условий плавания при ударах судна носом о воду (слединг) и ударах вкатывающейся через бак (носовую часть судна)

на палубу воды (заливаемость) районами повышенных напряжений также могут быть поперечные сечения корпуса, расположенные приблизительно на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины судна от носового перпендикуляра. Напряжения также значительно увеличиваются в конструкциях с резко меняющимися сечениями (например, район перехода палубы в надстройку), поэтому зонами повышенных напряжений являются и поперечные сечения корпуса, расположенные приблизительно на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины судна от кормового перпендикуляра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завальнюк О. П. Магнитный контроль корпусов морских судов в процессе грузовых и балластных операций / О. П. Завальнюк, В. В. Мирошников // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – Луганськ : Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2012. – № 18 (189). – С. 76–82.
2. Мирошников В. В. Оценка метрологических характеристик элементов устройства контроля механических напряжений корпуса судна / В. В. Мирошников, А. И. Шевченко, О. П. Завальнюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков : ПП «Технологічний центр», 2014. – № 1/5 (67) 2014. – С. 17–21.
3. Завальнюк О. П. Метод и устройство контроля механических напряжений корпуса судна в процессе грузовых и балластных операций: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / Завальнюк Ольга Петровна. – Луганск, 2014. – 146 с.
4. Томашевский В.Т. Машиностроение. Энциклопедия. Расчет и конструирование машин. Раздел IV. Корабли и суда. Т. IV-20. Общая методология и теория кораблестроения. Кн. 1 / В.Т. Томашевский, В.М. Пашин, И.Г. Захаров и др.; под ред. В. Т. Томашевского, В. М. Пашина. – СПб. : Политехника, 2003. – 744 с.
5. Повреждения и пути совершенствования судовых конструкций / [Барабанов Н.В., Иванов Н.А., Новиков В.В., Шемендюк Г.П.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1989. – 256 с.
6. Нестеренко В. Б. Оценка технического состояния судовых конструкций длительной эксплуатации / В. Б. Нестеренко, О. П. Завальнюк // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: четверта Міжнародна науково-практична конференція, 29-31 травня 2012 р.: матеріали конференції – Херсон : ХДМА, 2012. – Том 1. – С. 39–40.
7. Нестеренко В. Б. Актуальные проблемы контроля продольной прочности корпуса судна и их решение методами неразрушающего контроля / В. Б. Нестеренко, В. В. Мирошников // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля : науковий журнал. – Луганськ : Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2012. – № 18 (189). – С. 178–184.
8. Мельник В. Н. Эксплуатационные расчеты мореходных характеристик судна / Валерий Николаевич Мельник. – М. : Транспорт, 1990. – 142 с.
9. Максимаджи А. И. Капитану о прочности корпуса судна: Справочник / Александр Исаакович Максимаджи. – Л. : Судостроение, 1988. – 224 с.
10. Investigation Report on Structural Safety of Large Container Ships [Электронный ресурс] / Nippon Kaiji Kyokai (Class NK). – Режим доступа к сайту : <http://www.classnk.or.jp>. – Название с экрана.

НАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СУДОВ-СТРОИТЕЛЕЙ ПРИБРЕЖНЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Пивоваров Л.А., Деревянко Ю.Ю., Блах И.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Ветроэнергетика является бурно развивающейся отраслью. В конце 2012 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 282,6 гигаватт. Европейским Союзом установлена цель: к 2020 году установить ветрогенераторов на 180 тыс. МВт. Согласно планам Евросоюза общее количество электрической энергии, которые выработают ветряные электростанции, составит 494,7 Тв-ч.

Шельфовые ветряные электростанции обладают рядом преимуществ:

- их практически не видно с берега;
- они не занимают землю;
- они имеют большую эффективность из-за регулярных морских ветров.

В конце 2008 года во всём мире суммарные мощности шельфовых электростанций составили 1471 МВт. В 2013г. крупнейшей стала London Agray (Великобритания) с установленной мощностью 630 МВт.

Для строительства и обслуживания подобных электростанций используются самоподъёмные суда. Самоподъёмное судно – корабль, оборудованный (подобно самоподъёмным платформам) специальными «ногами», позволяющими ему упираться в морское дно и подниматься на некоторую высоту над уровнем моря для производства работ.

Результаты исследования. Особенности навигации самоподъёмного судна могут быть идентифицированы с помощью систем позиционирования должны, где XYZ – координаты с требуемой точностью измеряемых значений :

- продольное и поперечное смещение XY : $\pm 0,1$ м;
- вертикальное смещение Z : $\pm 0,2$ м;
- отклонение по направлению : $\pm 0,2$ м;
- отклонение по наклону : $\pm 0,05$ м;

На примере судна «Victoria Mathias», которое осуществляет строительство Североморского ветроэнергетического поля Nordsee Ost у побережья Германии, рассмотрим используемые навигационные системы и судовые механизмы, позволяющие обеспечить требуемый уровень навигационной точности.

Таковыми системами являются:

- глобальная навигационная система NAVSTAR (GPS);
- глобальная навигационная система GLONASS (ГЛОНАСС);
- глобальная навигационная система GALILEO;
- система дифференциальной коррекции;
- система дифференциальных поправок EGNOS;
- опорная станция поправок глобальных навигационных систем;
- лазерный локатор Fanbeam;
- судовой комплекс обработки данных VARIPOS;
- комплекс динамического позиционирования судна.

Система дифференциальной коррекции – методы улучшения характеристик работы навигационной системы, такие, как точность, надежность и доступность, через интеграцию внешних данных в процессе расчета. Для повышения точности позиционирования систем GPS и ГЛОНАСС на земной поверхности или в околоземном пространстве, используются спутниковые и наземные системы дифференциальной коррекции. Они обеспечивают некоторую территорию информацией о дифференциальных поправках. Спутниковые системы коррекции обычно используют геостационарные

спутники. В наземных вспомогательных системах дополнительные информационные сообщения передаются через наземные радиостанции.

Спутниковая система дифференциальной коррекции (SBAS – Space Based Augmentation System) – спутниковая вспомогательная система, поддерживающая увеличение точности сигнала за счет использования спутниковой трансляции сообщений. Такие системы обычно состоят из нескольких наземных станций, координаты расположения которых известны с высокой степенью точности.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) – европейская геостационарная служба навигационного покрытия. EGNOS предназначена для улучшения работы систем GPS, ГЛОНАСС и GALILEO на территории Европы и является аналогом американской системы WAAS. Зона действия EGNOS охватывает всю Европу, север Африки и небольшую европейскую часть России. Так же, как и WAAS, система состоит из сети наземных станций, главной станции, которая аккумулирует информацию от спутников GPS, ГЛОНАСС и GALILEO, и геостационарных спутников EGNOS, через которые эта информация транслируется на GPS-приёмники, поддерживающие приём дифференцированных поправок. Система EGNOS включает в себя 3 геостационарных спутника, принадлежащих двум компаниям Artemis и Inmarsat, каждая из которых имеет свою независимую сеть наземных станций.

Опорная базовая станция дифференциальной коррекции предусматривается для поддержки позиционирования и геодезических мероприятий в рамках площади Nordsee Ost путем передачи обработанных дифференциальных поправок. Высокие требования предъявляются для датчиков, которые должны работать долгое время и в тяжелых условиях, таких как вибрация, изменение температуры, соленого воздуха, высокой скорости ветра и дождя.

Требования к базовой станции глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС):

- GPS и GLONASS совместимых приемников с функцией корректуры в реальном времени;
- радиомодем;
- 1-2 ультракоротковолновые антенны;
- оборудования связи для поддержки через спутник;
- наблюдение за фазам несущих частот (GPS L1 и L2 и Глонасс L1);
- дальность действия – 30 км;
- обновление положение и частота передачи - 1 Гц;
- наблюдение спутниковой группировки с большим количеством спутников;
- выборка данных за 10 – 15 сек во время наблюдения;
- обработка данных с минимум трех базовых станций;

Лазерный локатор Fanbeam представляет собой лазерную систему непрерывного функционирования для точного определения дистанции и пеленга до объектов, высокоточного позиционирования и слежения для морских судов, и неподвижных или полустатичных структур, стоящих на якоре (якорях). Основные особенности:

- компактность для обеспечения быстрой установки, – использование безопасного для жизни лазера,
- использование в качестве основного или дополнительного средства обеспечения позиционирования,
- дальность действия до 2000 м при точности определения дистанции до объекта +/- 10 см обеспечивают достаточное время для безопасного расхождения или принятия корректирующих мер,
- механизм автонаклона в вертикальной плоскости компенсирует различную высоту установки в зависимости от типа судов,
- использует систему безопасности для оператора в виде ретро-отражателей.

Система VARIPOS – бортовая система предназначенная для обработки сигналов спутниковых навигационных систем, сигналов береговых и спутниковых станций дифференциальной коррекции.

Графический интерфейс пользователя системы VARIPOS позволяет контролировать и наблюдать:

- спутниковый полярный сюжет;
- отношение сигнал-шум (SNR);
- информацию о местоположении;
- расчеты DGPS;
- журнал событий;
- карту береговых опорных станций дифференциальных коррекций.

Система Динамического Позicionирования (ДП) – это интегрированная система управления судном, спроектированная удерживать позицию и курс судна на автоматическом уровне, с высоким процентом точности, вблизи морских навигационных опасностей без использования якорей или швартовых концов, используя лишь судовые двигатели и средства активного управления (подруливающие устройства).

Все системы динамического позиционирования используют принцип математического моделирования как основу функции позиционирования. Система ДП содержит в себе математическую модель или описание динамики судового перемещения, что используется для предопределения позиции судна, его курса, а также перемещения. Использование этой информации, в сочетании с обработкой непрерывно поступающей информации от систем ориентации и датчиков, вырабатывает управляющие сигналы в энергоустановку и движительно-подруливающий комплекс, при помощи которых компенсируется суммарный вектор сил внешнего воздействия на судно (ветра, течения, волнения). Для качественного удержания ДП система всегда использует информацию от систем ориентации, работающих на разных физических принципах – гидроакустической, радиоволновой, спутниковой, электромеханической, лазерно-оптической и др. Отсюда логично, что ДП система является примером автоматического комплекса замкнутого цикла.

Выводы. Рассмотренные выше материалы позволяют более глубокое рассмотрение вопросов взаимодействия внешних навигационных систем и оборудования специализированного судна для решения проблем прецизионно точного определения местоположения.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЮСА ПОВОРОТА

Товстокорый О.Н.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы в общем виде. При маневрировании судна большое значение имеет положение точки, вокруг которой происходит поворот, в которой угол дрейфа равен 0 – центра поворота, или, как его называют, полюса поворота (ПП) (Pivot Point). Во многих источниках указывается, что при движении вперед и наличии вращательного движения ПП перемещается в нос, при движении назад – в корму, а при отсутствии скорости лежит в районе миделя. ПП может менять свое положение при изменении направления движения. Также отмечается, что при наличии поперечных сил положение ПП зависит от точки приложения равнодействующей этих сил.

Большое значение знание положения ПП имеет для парусного судна при маневрах. При отсутствии датчика положения ПП желательна иметь возможность определять положение ПП экспериментально.

Анализ последних достижений и публикаций. В работе [1] отмечается, что перемещение ПП зависит от отношения величины лобового сопротивления к движущей силе и направлено в сторону действия этой силы.

В работе [2] показано, что положение ПП зависит от точки приложения равнодействующей боковых сил и предложены формулы для расчета положения ПП для разных вариантов приложения сил.

В работе [3] автор утверждает, что при поворотах судно разворачивается вокруг вертикальной оси (центра вращения), проходящей через центр сил сопротивления.

В работе [4] приведены формулы расчета положения ПП при маневрировании в узкостях при различной ширине занимаемой полосы движения.

В работе [5] усовершенствовано алгоритмы расчета положения ПП при нескольких поперечных силах и получена формализованная модель расчета его положения с индикацией судоводителю на контуре ватерлинии.

В работе [6] приведены содержательные модели оценки положения ПП, полученные на основании личного производственного опыта выполнения практического маневрирования.

В работе [7] показано, что изменение положения ПП при маневрировании парусного судна происходит за счет изменения угла перекладки руля и набора парусов. Однако формализованные модели не приведены.

Постановка задачи. Для уточнения закономерностей изменения положения ПП при маневрировании парусного судна и проверки существующих формализованных моделей необходимо экспериментально установить характер изменения точек приложения боковых сил, определить положение ПП и сравнить его значение с полученными расчетными величинами.

Изложение материала исследования. Эксперименты проводились на пассажирском парусном судне «Running On Waves» (RoW) в августе 2013 года в Эгейском море.

ППС «Running On Waves» – 3-мачтовая баркентина, постройки 2011 года в Гданьске (Польша). Длина 63,8м, ширина – 9,5м, осадка – 3,45м, GT – 634т, водоизмещение – 700т. Несет 13 парусов общей площадью 1107м². Имеет двигатель *AB Penta Volvo* мощностью 478 kW и подруливающие устройства в носу и в корме мощностью по 110 kW. И главный двигатель и подруливающие устройства оборудованы винтами регулируемого шага. Кроме того ВРШ ГД может устанавливаться во флюгерное положение для уменьшения сопротивления при плавании под парусами.

На судне был произведен ряд экспериментов при движении под машиной, под парусами, при отсутствии движения. Задачей являлось измерение скорости и направления движения оконечностей судна при различных условиях.

Руль при экспериментах не использовался, оставался все время в положении «прямо». Боковая сила создавалась либо за счет подруливающих устройств, либо за счет парусов, поставленных в оконечностях судна.

При эксперименте скорость и направление движения носа и кормы замерялись с помощью портативных спутниковых определителей положения места «GARMIN eTrex 30» (точность до +/- 5 м). Они располагались на носовом и кормовом перпендикулярах и расстояние между ними было 45м. Положение мостика определялось с помощью стационарной GPS SIMRAD GN33. Курс – с помощью гирокомпаса SIMRAD GC80 (точность +/- 1°), сила и направление ветра с помощью анемометра WALKER 7070 (точность по скорости +/- 1 узел, по направлению +/- 10°).

Всего было проведено 24 эксперимента, причем некоторые повторялись с измененными начальными условиями.

Результатом каждого эксперимента являлась таблица, где были записаны данные по эксперименту: вид движения, боковая сила, точка приложения этой силы, дата и время начала эксперимента, координаты, ветер, глубина, а также скорость и направление движения носа, кормы и мостика

В случае, когда судно не имеет хода, положение ПП можно получить путем сравнения скоростей носа и кормы (рис. 1).

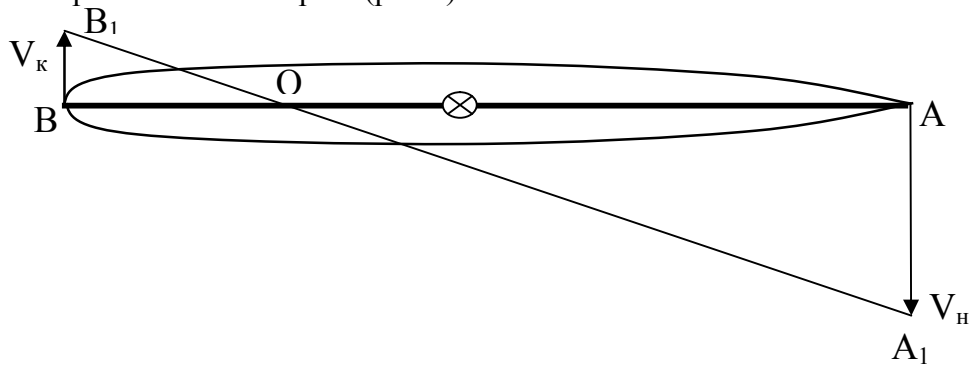


Рисунок 1 – Схема определения ПП в случае, когда судно не имеет хода
 $AA_1/BB_1 = AO/OB$ или же $V_n/V_k = AO/OB$

Рассмотрим поворот судна (рис. 2). Точки А и В показывают положение носового и кормового датчиков. Кормовой и носовой датчики показывают значение курса и скорости носа и кормы (точек А и В) – V_n, K_n ; и V_k, K_k соответственно. Из точек расположения датчиков строим векторы скоростей носа и кормы в масштабе под углами $K_n - K_m$ и $K_k - K_m$. Откладываем их по часовой стрелке, если они положительны, и против, если отрицательны.

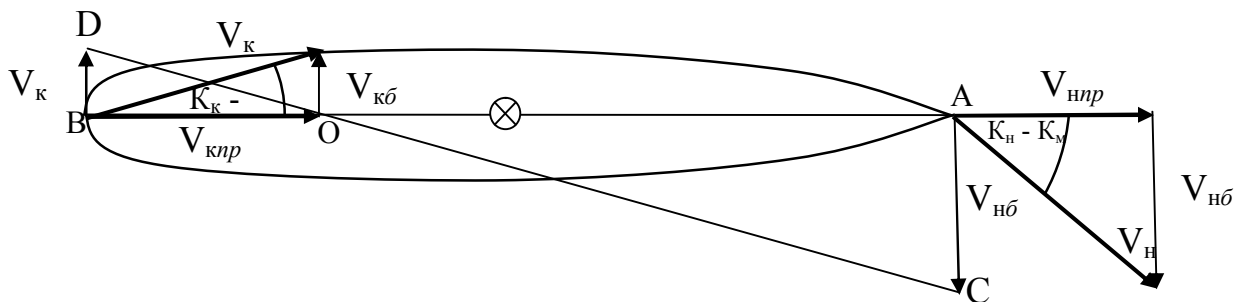


Рисунок 2 – Схема определения полюса поворота, когда судно имеет ход и скорости носа и кормы направлены в стороны противоположных бортов

V_H и V_K раскладываем на продольные(аксиальные) и поперечные(тангенциальные) составляющие $V_{Hпр}$ $V_{Hб}$ и $V_{Kпр}$ $V_{Kб}$. Переносим $V_{Hб}$ и $V_{Kб}$ в точки расположения датчиков и в дальнейшем задача получает то же самое решение, что и в случае без хода, только используются боковые(поперечные) составляющие скоростей носа и кормы.

$$V_{Hб}(AC) = V_H \sin(K_H - K_M)$$

$$V_{Kб}(BD) = V_H \sin(K_K - K_M), \text{ а}$$

$$V_{Hб}(AC) / V_{Kб}(BD) = AO / OB$$

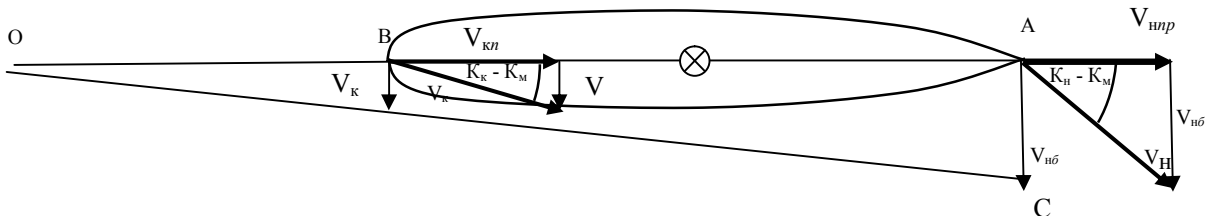


Рисунок 3 – Схема определения полюса поворота, когда судно имеет ход и скорости носа и кормы направлены в сторону одного борта

В случае, когда векторы скоростей носа и кормы направлены в сторону одного борта (рис. 3), картина несколько иная. Соединяем концы векторов скорости и проводим линию до пересечения с продолжением ДП судна. Получаем ΔACO , где искомыми величинами являются AO или OB .

$$V_{Hб}(AC) = V_H \sin(K_H - K_M)$$

$$V_{Kб}(BD) = V_H \sin(K_K - K_M)$$

$$V_{Hб} - V_{Kб} / AB = V_{Kб} / OB$$

Отсюда $OB = AB \times V_{Kб} / V_{Hб} - V_{Kб}$

Произведен расчет плеч ПП. Плечо ПП отсчитывалось от миделя со знаком(+) в нос и со знаком (-) в корму.

По данной методике были рассчитаны плечи ПП для всех экспериментов.

Плечо полюса поворота можно также определить расчетным способом по методике, приведенной в [5]. Для этого будем считать, что мы находимся в начальной фазе эксперимента в момент приложения боковой силы. Дрейфа и угловой скорости от этой боковой силы еще нет. Поэтому боковая гидродинамическая сила отсутствует. В таком случае в наличии только одна боковая сила в каждом эксперименте, точку приложения которой можно определить по вышеупомянутой методике. По этой же методике определяется плечо полюса поворота.

Выводы и предложения.

1. Способ определения мгновенного положения полюса поворота может быть использован на любых судах для повышения точности управления судном при морских операциях.

2. Положение полюса поворота постоянно меняется при выполнении маневра и необходимо определять мгновенное положение полюса поворота.

3. Для парусного судна, чтобы увалиться под ветер на ходу, требуется значительный момент боковой силы(дополнительные паруса на носу, перекладка руля под ветер, использование подруливающих устройств).

4. Для уточнения закономерностей изменения положения ПП исследования целесообразно продолжить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генри Г. Хойер. Управление судами при маневрировании / Генри Г.Хойер. Перевод с английского. – М. :Транспорт, 1992. – 101 с.
2. Демин С. И. Управление судном / Демин С. И., Жуков Е. И. и др. – М. : Транспорт, 1991. – 359 с.
3. Шарлай Г. Н. Управление морским судном / Шарлай Г. Н. – Владивосток. : Мор. гос.ун-т, 2009. – 503 с.
4. Павельев А. Д. Определение положения полюса поворота и его учет при маневрировании судна. Диссертация кандидата технических наук. – Режим доступа к источнику : <http://www.dissercat.com/content/opredelenie-polozheniya-polyusa-povorota-i-ego-uchet-pri-manevrirovanii-sudna-0>
5. Голиков В. В., Мальцев С. Э. Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Випуск №1(8). – Херсон : Видавництво ХДМА, 2013. – С. 21-27.
6. Capt. Hugues Cauvier. The Pivot Point / The PILOT №295. October 2008. The official organ of the United Kingdom Maritime Pilot Association.
7. G.Andy Chase. Sailing Vessel Handling and Seamanship-The Moving Pivot Point / The Northern Mariner/Le Marin du nord, IX, No. 3 (July 1999), 53-59.

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ РАЙЗЕРА ЗІ ЗМІННИМ ВНУТРІШНІМ ДІАМЕТРОМ

Торопова О.А.

Саратовський державний технічний університет імені Гагаріна Ю.О.
(Російська Федерація),

Кирилович В.А.

Житомирський державний технічний університет
(Україна)

Вступ. Важливе промислове значення має видобуток корисних копалин на континентальному шельфі та з великих глибин Світового океану. Одним з найважливіших елементів морських глибоководних комплексів розвідки та експлуатації корисних копалин є трубопроводи, призначені для транспортування мінеральної сировини з dna океану на плавзасоби.

Актуальність досліджень. Розглядаються питання, пов'язані з аналізом характеристик тривалої міцності морських трубопроводів при корозійному зносі їх стінок за рахунок агресивного впливу потоків рідини. Ці завдання вимагають розробки нових розрахункових схем трубопроводу перш за все зі змінною вздовж твірної товщиною стінки, методів асимптотичного аналізу отриманих рівнянь і нової версії алгоритму методу параметризації граничних умов (МПУ) [1–2], орієнтованої на визначення граничного терміну експлуатації довгомірного підводного трубопроводу (райзера).

Постановка завдання. Розглянутий клас задач відноситься до перспективного наукового напрямку – нелінійної механіки довгомірних стержневих конструкцій, що взаємодіють з потоками рідини. Аналіз напружено-деформованого стану (НДС) та характеристик тривалої міцності райзера слід проводити з урахуванням його взаємодії з внутрішнім потоком навколишньої рідини, що призводить до необхідності дослідження і вирішення нелінійних крайових задач, в загальному випадку з недеференційованими правими частинами. Особливі труднощі їх вирішення викликані тією обставиною, що задачі нелінійної механіки глибоководних трубопроводів є сингулярно збуреними. Застосування до них відомих підходів зазвичай виявляється малоефективним через наявність вузьких зон різкої зміни окремих компонент прогнозованого рішення.

Проведено детальне дослідження залежностей екстремальних характеристик ПДВ райзера від квадратичного, експоненціального та синусоїдального законів зміни його внутрішнього діаметра уздовж твірної (при цьому зовнішній діаметр $\Theta_1(x, t) = 1$):

$$\Theta_2 = 1 - t(x - 0.5)^2 + t(x - 0.5)^2 \cdot \rho_0^{-1} \quad (1)$$

$$\Theta_2 = 1 - t \cdot e^{-(x-0.5)^2} + t \cdot e^{-(x-0.5)^2} \cdot \rho_0^{-1} \quad (2)$$

$$\Theta_2 = 1 - t \cdot \sin(\pi(x - 0.5)^2) + t \cdot \sin(\pi(x - 0.5)^2) \cdot \rho_0^{-1} \quad (3)$$

Зміна числового параметра t ($0 \leq t \leq 1$), що входить до цих законів, імітувало послідовне зменшення товщини стінки райзера з максимальною швидкістю в околицях його граничних перерізів. Змінними параметрами моделі були значення тягового зусилля на платформі T_1 : $1, 1 \leq T_1 \leq 1,3$ максимальне значення швидкості підводних течій $\alpha = \max_{0 \leq x \leq 1} |v_c(x)|$, $0,5 \leq \alpha \leq 2,0$.

Розглядалися наступні профілі підводних течій (рис. 1–4):

$$v_c(x) = \alpha x \quad - \text{профіль 1;} \quad (4)$$

$$v_c(x) = \{ \beta x, \quad 0 \leq x \leq x_0; \quad \beta + (\alpha - \beta) \cdot (x - x_0) / (1 - x_0), \quad x_0 < x \leq 1 \}, \quad x_0 = 0,8 \quad - \text{профіль 2;} \quad (5)$$

$$v_c(x) = \{\alpha x, 0 \leq x \leq x_0; \alpha(x_0 - (1 + x_0)(x - x_0)/(1 - x_0)), x_0 < x \leq 1\}, \quad x_0 = 0,8 - \text{профіль 3}; \quad (6)$$

$$v_c(x) = \{\alpha x, 0 \leq x \leq x_0; -\alpha x, x_0 < x \leq 1\}, \quad x_0 = 0,8 - \text{профіль 4}. \quad (7)$$

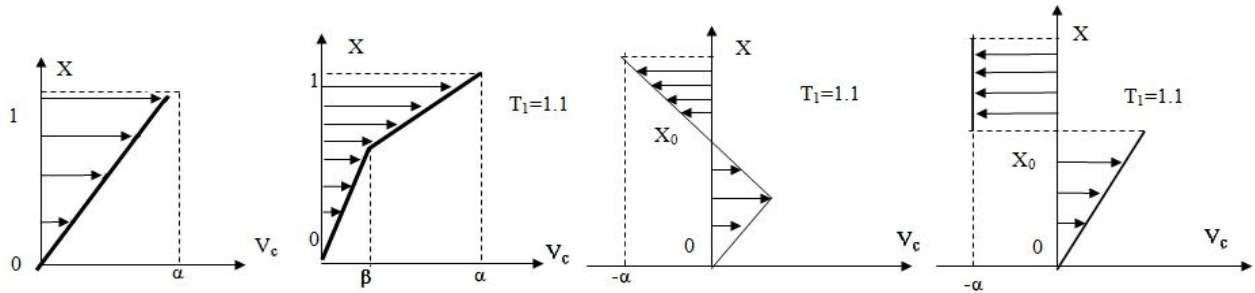


Рисунок 1 – Профіль 1 Рисунок 2 – Профіль 2 Рисунок 3 – Профіль 3 Рисунок 4 – Профіль 4

Результати досліджень. Результати розрахунку максимальних горизонтальних зсувів (u^*), кутів повороту (φ^*), а також максимальних згинальних (σ_b^*) та повних нормальних напружень (σ_i^*) для трикутного профілю підводних течій (профіль 1) наведено на рис. 5–8. Якісна поведінка отриманих залежностей відповідає очікуваній. Дійсно, з ростом параметра t повинні збільшуватися і напруження розтягування (σ_i) за рахунок послідовного зменшення площі поперечного перерізу райзера (особливо швидкому в околицях граничних точок), що, в свою чергу, призводить до зменшення горизонтальних зміщень, кутів повороту і згинальних напружень. Однак, характер конкретної поведінки цих кривих істотно залежить від форми профілю підводних течій (див., наприклад, рис. 5 і рис. 8) і у всіх випадках – від максимальних значень швидкості підводних течій (тобто від параметра $\alpha : 0,5 \leq \alpha \leq 2,0$ м/с).

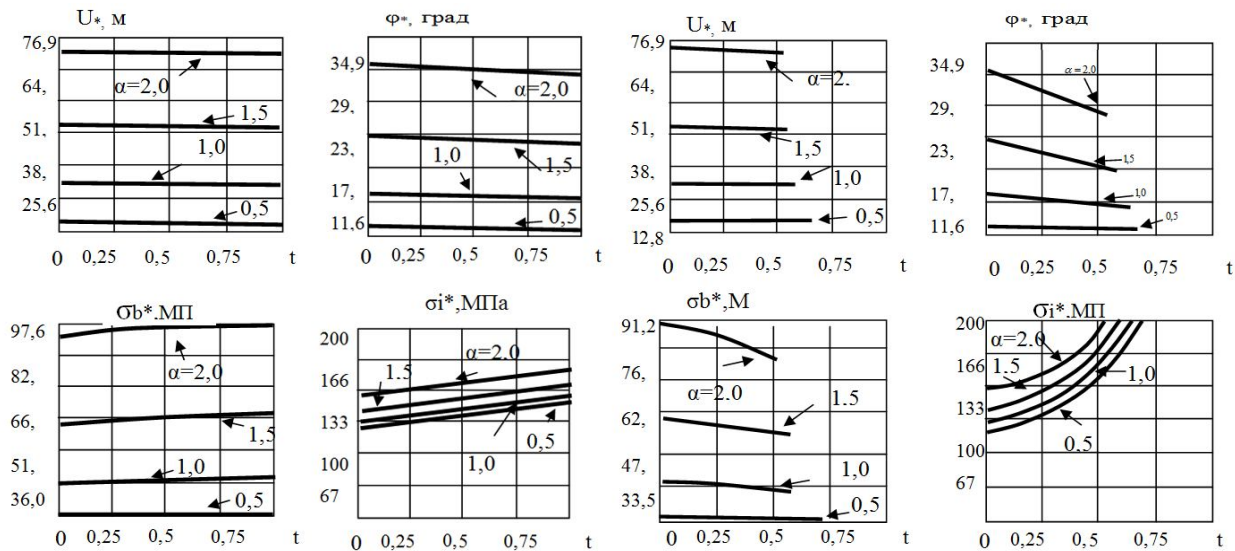


Рисунок 5 – Профіль 1, квадратичний закон зміни товщини

Рисунок 6 – Профіль 1, експоненціальний закон зміни товщини

Один і той же рівень повних напружень в небезпечному перерізі райзера досягався при різних значеннях параметра t і виявився істотно залежним як від форми профілю підводних течій, так і від прийнятого закону зміни товщини його стінки. При цьому для одного і того ж профілю підводних течій синусоїдальний і експонентний закони зміни його зовнішнього діаметра дають близькі результати визначення відповідних розрахункових характеристик.

Наведені тут результати показують, зокрема, що при розрахунку характеристик НДС глибоководного райзера необхідно більш повно використовувати інформацію про

реальну структуру підводних течій, особливо про величини їх максимальних швидкостей.

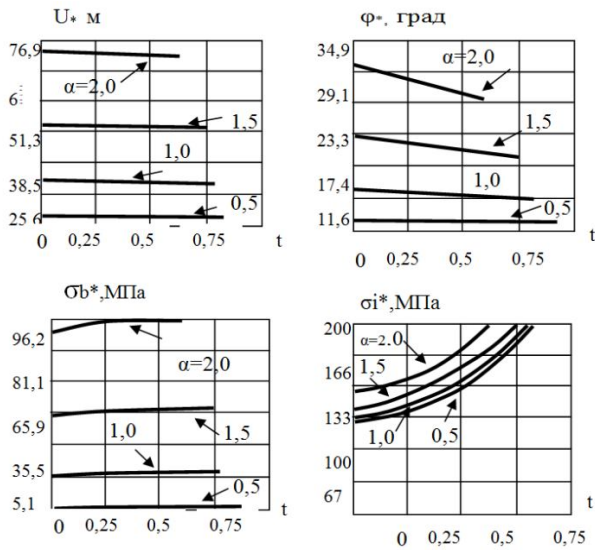


Рисунок 7 – Профіль 1, синусоїдальний закон зміни товщини

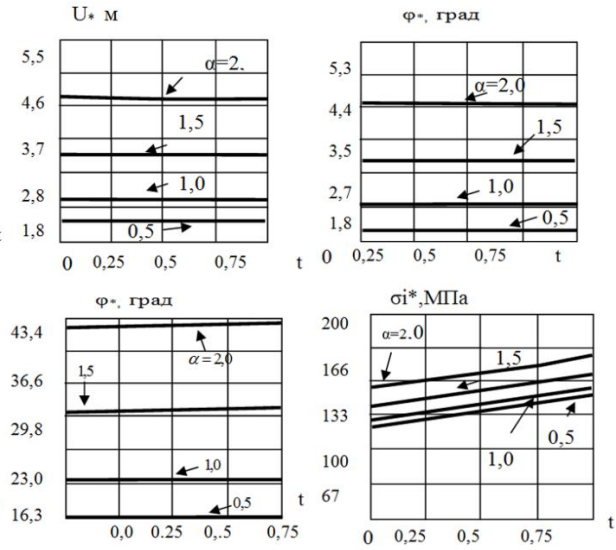


Рисунок 8 – Профіль 2, квадратичний закон зміни товщини

Як і слід було очікувати, найбільш суттєві кількісні та якісні відмінності в їх поведінці порівняно з аналогічними результатами, наведеними в [3], виявилися для максимальних значень швидкостей підводних течій в межах одного і того ж заданого профілю. Результати визначення екстремальних характеристик напружено-деформованого стану глибоководного трубопроводу дозволять перейти до розгляду істотно більш складної та актуальної задачі розрахунку граничного часу його експлуатації в умовах корозійного зносу стінки, тобто за рахунок агресивного впливу зовнішнього і внутрішнього потоків навколишньої рідини. В якості критерію закінчення розрахунку, тобто визначення моменту часу $t = t^*$, що передуює руйнуванню райзера, використовувалася умова досягнення граничного розрахункового напруження $\sigma_R = 200 \text{ МПа}$ в критерії $\max_x \sigma_i(x, t^*) = \sigma_i^* = \sigma_R$.

Висновки. Отримані результати можуть знайти застосування в практиці реального проектування довгомірних елементів морських гідротехнічних комплексів пошуку, розвідки та видобутку мінеральної сировини з континентального шельфу та з глибоководних западин добувними комплексами, що працюють в реальному масштабі часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Торопова О. А. Применение метода пристрелки для решения одномерных нелинейных сингулярно-возмущенных краевых задач // Актуальные проблемы системного анализа и прикладной информатики. – Саратов : Издательский центр «Наука», 2011. – С. 112–122.
2. Торопова О. А. Математическое описание напряженно-деформированного состояния райзера, выполненного из нелинейно-упругого материала // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2012. – № 1 (64). – Выпуск 2. – С. 36–41.
3. Торопова О. А. Расчет характеристик напряженно-деформированного состояния райзера с переменным внешним диаметром // Математические методы в технике и технологиях-ММТТ23 // Сб. трудов XXIII Междунар. науч. конф. в 12 т. – Т. 5. Секция 5. – Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 252–259.

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПОЗНАВАНИЯ ПЕРЕДАЧ В МОРСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

Шишкин А.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. В морской радиотелефонии в настоящее время используются аналоговые каналы с частотной или фазовой модуляцией в ультракоротковолновом (УКВ) диапазоне и с однополосной амплитудной модуляцией в промежуточном и коротковолновом (КВ) диапазонах. В таких радиоканалах отсутствует техническая возможность автоматического опознавания (или идентификации) передающей станции. Опознавание передающей станции при радиотелефонной связи полностью возложено на оператора станции, который обязан голосом называть название судна, его позывной сигнал или цифровой идентификатор. Голосовая идентификация сопряжена с возможным ошибочным восприятием информации, задержкой или вообще отсутствием идентификации.

Актуальность исследований. Ошибки опознавания передающей станции непосредственным образом влияют на безопасность мореплавания. Известна также проблема технического характера, связанная с западанием тангенты телефонной трубки, когда радиостанция постоянно находится в передающем режиме и блокирует передачи других станций [1]. При этом определение блокирующей радиостанции невозможно из-за отсутствия идентификации. Возможны также радиопередачи преднамеренно анонимного характера, особенно вредные на 16-м канале бедствия и безопасности УКВ диапазона.

В работе [2] предложен метод автоматического опознавания (АО) передающей радиостанции путем передачи цифрового идентификатора судна непосредственно в составе речевого сигнала. Метод базируется на технологии цифровых водяных знаков (ЦВЗ), которые находят применение в первую очередь в мультимедийных компьютерных файлах для защиты авторских прав [3]. Реализация автоматического опознавания устраняет так называемый «человеческий фактор» в надежной и своевременной идентификации передающей станции. Предложенный метод не требует замены радиооборудования и эксплуатационных процедур радиосвязи, обеспечивает совместимость с обычной аппаратурой без функции АО. Главной проблемой в развитии метода является обеспечение помехоустойчивости встроенной в звуковой сигнал информации при сохранении ее слуховой невосприимчивости.

Результаты исследований могут быть также использованы в системе управления полетами гражданской авиации.

Цель работы. Целью исследований является разработка помехоустойчивых методов встраивания, обнаружения и извлечения цифровых данных в условиях воздействия помех реального радиотелефонного канала. Разработаны алгоритмы встраивания информации в узкополосных частотных субканалах, что обеспечивает устойчивость ЦВЗ к межсимвольной помехе. Предложено использование корректирующих кодов для повышения помехоустойчивости ЦВЗ. Разработан алгоритм обнаружения ЦВЗ на основе оценки нормы вектора расстояний принятого сигнала от узлов опорной решетки.

Результаты исследований. Концепция АО базируется на передаче дополнительной цифровой информации (или ЦВЗ) непосредственно на фоне речевого сигнала. ЦВЗ не требует расширения частотной полосы и дополнительного времени передачи сообщения. Встраивание информации приводит лишь к незначительным искажениям сигнала, которые не воспринимаются на слух. Структурная схема передачи ЦВЗ в радиотелефонном канале радиосвязи представлена на рис. 1.

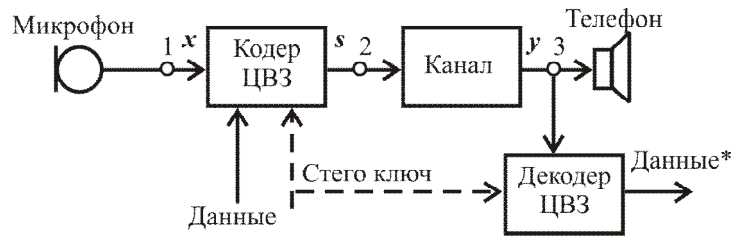


Рисунок 1 – Структурная схема передачи ЦВЗ в радиоканале

На кодер ЦВЗ поступает звуковой сигнал с микрофона радиостанции (точка 1), а также встраиваемые данные и, возможно, стеганографический ключ, который при необходимости запрещает публичный доступ к встроенной информации. Кодер ЦВЗ размещен в разрыве цепи микрофон – стандартный канал. Под каналом (точки 2–3) подразумевается стандартный комплекс приемо-передающей аппаратуры, включая собственно среду передачи радиоволн от передатчика к приемнику. Считаем, что этот канал не подлежит модификации разработчиком ЦВЗ. Таким образом, в канал в точке 2 поступает композитный сигнал, который несколько является слегка искаженным по отношению к исходному звуковому сигналу за счет встроенного ЦВЗ. В канале композитный сигнал подвергается обычной для радиосвязи обработке в трансивере (усиление, амплитудно-частотные искажения, модуляция несущей частоты, демодуляция), а также воздействию помех радиоканала. Принятый композитный сигнал снимается с низкочастотного выхода усилителя приемника (точка 3) и поступает в декодер ЦВЗ для извлечения данных.

Принципиальным является тот факт, что встраивание ЦВЗ в кодере осуществляется с учетом знания звукового сигнала-носителя. Учет информации о сигнале-носителе приводит к некоторой задержке передачи, что, однако, не сказывается на ведении переговоров в реальном времени. При этом учет информации о сигнале-носителе позволяет исключить его влияние на ЦВЗ при использовании соответствующих алгоритмов встраивания информации.

Одноканальный алгоритм ЦВЗ базируется на квантовании коэффициента корреляции сигнального вектора $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_L)$ и некоторого случайного вектора $\mathbf{u} = (u_1, u_2, \dots, u_L)$. При этом генерируемый вектор композитного сигнала $\mathbf{s} = (s_1, s_2, \dots, s_L)$ имеет ту же норму, что и исходный вектор звукового сигнала \mathbf{x} . Физически сохранение нормы сигнала означает сохранение его мощности. Показано, что данный алгоритм обеспечивает минимизацию вносимых искажений $\|\mathbf{x} - \mathbf{s}\| = \min$ при сохранении нормы $\|\mathbf{s}\| = \|\mathbf{x}\|$. Сохранение нормы необходимо для обеспечения нечувствительности ЦВЗ к амплитудным искажениям.

В соответствии с разработанным алгоритмом коэффициент корреляции подвергается квантованию на числовой решетке, задаваемой формулой:

$$\Lambda_m = \left\{ \Delta N + \frac{\Delta}{2} m + \delta \right\} \cap [0, 1), \quad (1)$$

где Δ – шаг квантования, N – последовательность натуральных чисел, включая ноль, $m = \{0, 1\}$ – встраиваемый бит данных, δ – смещение решетки.

Вычисления вектора \mathbf{s} производят по формулам (2) – (4):

$$\mathbf{s} = \alpha \mathbf{x} + \beta \mathbf{u} \frac{\|\mathbf{x}\|}{\|\mathbf{u}\|}, \quad (2)$$

$$\alpha_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \tilde{s} \tilde{s}^*}{1 - \tilde{x} \tilde{x}^*}}, \quad \beta = \tilde{s} - \alpha \tilde{x}, \quad (3)$$

$$\tilde{x} = (\mathbf{x}, \mathbf{u}) / \|\mathbf{x}\| \|\mathbf{u}\|, \quad (4)$$

где $\|\mathbf{x}\| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_L^2}$ – евклидова норма вектора, $(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = \sum_{i=1}^L x_i u_i$ – скалярное произведение векторов.

Одноканальный алгоритм формирования ЦВЗ по формулам (1) – (4) позволяет исключить влияние амплитудных искажений сигнала на достоверность восстановления скрытых данных в приемнике.

Сигнал ЦВЗ $\mathbf{w} = \mathbf{s} - \mathbf{x}$ передается в общем радиотелефонном канале. Как показали исследования, наиболее губительной помехой для него являются межсимвольные искажения, возникающие в низкочастотных инерционных цепях, содержащих реактивные элементы, трансивера. Полоса звуковых частот трансивера ограничена диапазоном (100–3000) Гц, а амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) существенно неравномерна. Поэтому передача ЦВЗ в общем частотном канале с априори неизвестной АЧХ сопряжена со значительным влиянием сильного сигнала-носителя \mathbf{x} на слабый сигнал \mathbf{w} .

Для уменьшения влияния межсимвольной интерференции предложено передавать ЦВЗ параллельно в узких частотных полосах, используя для модуляции коэффициенты быстрого преобразования Фурье (БПФ). Принципиальным является тот факт, что сигнальный вектор \mathbf{x} формируется из коэффициентов одной и той же частоты или соседних коэффициентов. В этом случае можно считать, что все коэффициенты вектора подвергаются одинаковым амплитудным искажениям.

Внесение ЦВЗ сопровождается определенными искажениями сигнала-носителя. Эти искажения могут проявляться в большей или меньшей степени в зависимости от близости значения коэффициента корреляции (4) к квантованному значению в каждом канале. В идеальном случае никаких искажений вообще не потребуется. Поэтому подходящий для встраивания фрейм может быть оценен вектором расстояний:

$$\mathbf{d} = (\tilde{x}_1 - \tilde{s}_1, \tilde{x}_2 - \tilde{s}_2, \dots, \tilde{x}_K - \tilde{s}_K). \quad (5)$$

Тогда оценка текущего фрейма для встраивания ЦВЗ сводится к следующему правилу: если норма вектора \mathbf{d} не превышает некоторого порога ρ_1 , т.е. $\|\mathbf{d}\| \leq \rho_1$, то встраивание ЦВЗ возможно, в противном случае – отказ от размещения ЦВЗ в текущем фрейме.

Для стабилизации вносимых искажений к уровню громкости звукового сигнала предложено использовать плавающий порог по формуле:

$$\rho_1 = h \Delta \frac{\sigma_{\text{long}}}{\sigma_{\text{frame}}}, \quad (6)$$

где $h = 0,5 \dots 2$ – коэффициент, задающий интенсивность встраивания ЦВЗ, Δ – шаг квантования на числовой решетке, $\sigma_{\text{long}}, \sigma_{\text{frame}}$ – среднеквадратические отклонения (СКО) звукового сигнала, вычисленные соответственно на длительном (3 – 5) секунд и коротком в течение одного фрейма интервалах.

В результате предварительной оценки возможности встраивания ЦВЗ удается существенно уменьшить вносимые искажения и, соответственно, слуховую восприимчивость ЦВЗ.

Для повышения достоверности декодирования ЦВЗ предложено использовать блочный корректирующий код Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ) [4] с параметрами (63,30,6). Код БЧХ(63,30,6) имеет общую длину блока $n = 63$, число информационных битов $k = 30$ и максимальное число исправляемых ошибок на блок $t = 6$.

В морской подвижной службе (МПС) с использованием цифрового избирательного вызова (ЦИВ) для опознавания судов и береговых станций используется 9-тизначный цифровой идентификатор МПС (ИМПС). В двоичном представлении ИМПС как раз

занимает 30 двоичных разрядов. Поэтому для кодирования ИМПС достаточно одного блока кода БЧХ(63,30,6).

Обнаружение ЦВЗ осуществляется путем скользящего анализа принимаемых фреймов длиной N отсчетов. Существенно при этом, что обнаружение и декодирование ЦВЗ не требует каких-либо начальных маркеров или синхронизирующих импульсов.

Рекомендуемые параметры и характеристики разработанной системы приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Рекомендуемые независимые параметры и характеристики

<i>Показатели</i>	<i>УКВ радиотелефония</i>	<i>Спутниковая связь</i>
Независимые параметры		
Шаг квантования Δ	1 ... 2	0,25 ... 0,5
Граничный коэффициент h	0,5 ... 1	2 ... 4
Размерность БПФ N	512	512
Код БЧХ (n, k, t)	(63,30,6)	(63,30,6); (63,36,5); (63,39,4)
Длина вектора L	2	2
Характеристики		
Средняя скорость передачи данных, бит/с	102 ... 178	255* ... 365*
Качество, дБ	-36 ... -20	-25 ... -19
Задержка при передаче, мкс	64	64

* Для кода БЧХ(63,30,6)

Выводы. Разработанная система автоматического опознавания судовых и береговых станций по радиотелефонным переговорам позволяет исключить влияние ошибок и нарушений правил радиосвязи на достоверность и своевременность голосовой передачи опознавателей станции. Реализация АО позволяет перенаправлять данные идентификации в другие информационные системы (например, ЭКНИС), осуществлять мониторинг радиопередач без привлечения дополнительных радиосредств пеленгования.

Система АО функционирует на базе стандартного оборудования радиосвязи и требует лишь установки микрочипа непосредственно после микрофона и декодирующего, подключенного к низкочастотному звуковому выходу. При этом обеспечивается полная совместимость с аппаратурой без функции АО. Все действующие правила радиосвязи также сохраняются в полном объеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Proposals to Amend the Performance Standards for Shipborne VHF Radiotelephone Facilities. COMSAR 14/7/5, Submitted by the Republic of Korea, December 2009.
2. Шишкин А. В. Идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской радиосвязи // Изв. Вузov – Радиоэлектроника. – Т. 55, № 11. – 2012. – С. 11–20.
3. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – К. : МК-Пресс, 2006. – 288 с.
4. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение: пер. с англ. / Р. Морелос-Сарагоса. – М. : Техносфера, 2005. – 320 с.

СЕКЦІЯ:

ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ

ТРУДОВЫЕ ДЕЙСТВИЯ ЭКИПАЖА ПРИ ДРЕЙФЕ СУДНА С ОСТАНОВЛЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И РАСЧЕТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СУДНА ВО ВРЕМЯ ВЕТРОВОГО ДРЕЙФА

Годованюк С.П.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. При плавании судно находится на границе двух сред – воздушной и водной, перемещение которых оказывает на него влияние.

Ветер, который представляет собой поступательное перемещение воздушных масс, определяется направлением и силой тем самым оказывает влияние на судно в зависимости от конструктивных особенностей. При развитых надстройках, избыточном надводном борте, небольшой осадке увеличиваются крен и дрейф судна.

Снос корабля ветром называется дрейфом (ветровым дрейфом). Предполагаем, что на судне произошла авария – остановка двигателей и судно попадает во власть стихии, в ветровой дрейф, то это может привести к непредвиденной опасности.

Если судно находится в опасности, то за безопасность отвечает только капитан.

Прежде всего, капитан, если судно находится в опасности, должен передать любыми видами связи сигнал бедствия, название и местонахождение судна, характер бедствия и вид требующейся помощи, выставить соответствующие знаки, световую и звуковую сигнализацию.

Отметим, что в условиях навигационной опасности требуется строгое соблюдение требований руководящих судовых документов – shipboard main manual, который составляется для каждого судна на основании ISM code, а именно пункт emergency preparedness готовность к аварии.

Поскольку при любом виде опасности для экипажа создается экстремальная ситуация, то в этой ситуации важно на судне создать нормальную обстановку в организации и обеспечения трудовых действий экипажа и провести расчет местоположения судна во время ветрового дрейфа.

Основная часть. В экстремальной ситуации изменяется обычная трудовую деятельность экипажа и на первое место в трудовой деятельности становится следующее:

- обеспечить живучесть поврежденного судна, выполняя расписание по судовым тревогам, которые определяют обязанности и порядок действий каждого члена экипажа;
- обеспечивать готовность к действиям в экстремальных ситуациях;
- как можно быстрее и профессиональнее устранить последствие аварии;
- каждый член экипажа должен соблюдать правила техники безопасности, противопожарной и санитарной безопасности на судне;
- проверить готовность противопожарной защиты на судне;
- обеспечить работу спасательной службы;
- провести контроль готовности к эксплуатации коллективных и индивидуальных спасательных средств;
- установить контроль за состоянием груза на борту судна;
- работать в коллективе и в команде;
- брать на себя ответственность за работу членов команды;
- принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях.

В памятке капитану судна по предупреждению аварийности [1] приведены рекомендации капитану судна по предупреждению аварийности. К ним относятся некоторые рекомендации при предположительном нахождении судна в дрейфе:

- измерить скорость ветра в начале дрейфа судна;
- исследовать скорости судна при ветровом дрейфе и т.д.;

- определить расчетную точность места судна при ветровом дрейфе по истечению определенного времени и т.д.;
- непрерывно контролировать местоположение судна, не ограничиваться разовым определением.

Поэтому во второй части работы приводится **расчет местоположения судна** по истечению, какого то времени во время ветрового дрейфа.

Для расчета выдвигаем свою математическую модель.

Введем обозначения:

- A – точка, начальное расположение судна в море в момент аварии (остановки двигателей);
- \vec{V} – вектор скорости ветрового дрейфа судна в районе аварии, м/с;
- V – численная величина скорости, м/с;
- K_V – коэффициент скорости дрейфа судна под воздействием ветра.

Тогда скорость ветрового дрейфа судна $V_{др}$ запишем:

$$V_{др} = K_V \cdot V,$$

K_V зависит от парусности судна и соотношения надводной и подводной боковой поверхности.

Для большинства судов $K_V \in (0,12; 0,15)$ [2].

В случае ветрового дрейфа судно через промежуток времени t после начала дрейфа может оказаться в какой то точке B , от точке A , и в предположении, что коэффициент $K_V = 0,12$.

Тогда $\overline{AB} \uparrow \vec{v}$, \vec{v} – единичный вектор, со направленный с вектором \vec{V} , а по модулю равный единице, т.е. $|\vec{v}| = 1$.

Тогда $\overline{AB} = K_V \cdot V \cdot t \cdot \vec{v} = 0,12 \cdot V \cdot t \cdot \vec{v}$ или $AB = 0,12 \cdot V \cdot t$.

Аналогично, если судно под воздействием ветрового дрейфа окажется через промежуток времени t в точке D , от точке B и если взять $K_V = 0,15$, то $\overline{BD} \uparrow \vec{v}$ или $BD = 0,15 \cdot V \cdot t$.

Представим на рис. 1 дрейф судна от т. A до т. D с учетом т. B .

На этом же рисунке т. C расположена в интервале $(B; D)$ и является серединой интервала $(B; D)$, следовательно $\overline{BC} \uparrow \vec{v}$.

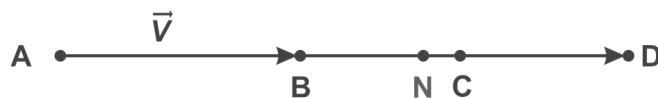


Рисунок 1 – Дрейф судна от т. A до т. D

По правилу сложения векторов

$$\overline{AC} = \frac{1}{2}(\overline{AB} + \overline{AD}) = \frac{1}{2}(0,12Vt + 0,15Vt)\vec{v} = \frac{1}{2}0,27 \cdot V \cdot t \cdot \vec{v} = 0,135 \cdot V \cdot t \cdot \vec{v}.$$

Далее будем считать, что судно, оказалось, через промежуток времени t после начала дрейфа в т. N (расчетная точка). Очевидно, что эта точка с вероятностью близкой к 1 находится в интервале BD , рис. 1. При этом т. C является точкой математического ожидания положения дрейфующего судна через промежуток времени t .

Естественно предположить, что $BC = CD = 3\sigma$ [3].

Пользуясь сценарием как в [3] проанализируем вероятность того, что отклонение нормально распределенной случайной величины X от ее математического ожидания a по абсолютной величине меньше заданного положительного числа ε , поэтому

$$P(|X - a| < \varepsilon) = 2\Phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right),$$

где $\Phi(u)$ – функция Лапласа (функция ошибок)

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

где σ – среднее квадратическое отклонение случайной величины X .

С помощью этой формулы найдем вероятность того, что нормально распределенная случайная величина X примет значение x , принадлежащее интервалу $(\alpha; \beta)$.

Используя таблицу [4] значений функции Лапласа, получим:

$$P(|x - a| < 3\sigma) = 2\Phi(3) = 2 \cdot 0,49865 = 0,9973.$$

Таким образом, вероятность нахождения потерпевшего аварию судна через промежуток времени t в интервале BD равна $\gamma = 0,9973$.

По рис. 1 $BC = CD$, а $\overline{BC} = \overline{AC} - \overline{AB} = 0,135Vt\vec{v} - 0,12Vt\vec{v} = 0,015V \cdot t \cdot \vec{v}$ или $|\overline{BC}| = BC = |0,015V \cdot t \cdot \vec{v}| = 0,015 \cdot V \cdot t$.

Тогда $3\sigma = 0,015 \cdot V \cdot t$, а $\sigma = 0,005 \cdot V \cdot t$.

Возвращаемся к обсуждению положения точки N (рис. 1), в которой окажется судно через промежуток времени t с остановленными двигателями (потерпевшее аварию).

Для определения положение точки N применим метод Монте-Карло [5].

Разобьем интервал $(B; D)$ на $2k$ частичных интервала одинаковой длины l .

Величину l будем в дальнейшем определять, исходя из гарантированной возможности визуального обнаружения потерпевшего аварию судна на расстоянии $0,5 l$. Численное значение l зависит от времени суток и от возможностей оптических и радиолокационных приборов, имеющихся в распоряжении спасателей.

Длина каждого частичного интервала будет равна: $\frac{BD}{2k}$.

Поскольку $BD = AD - AB$ (рис. 1), то $BD = 0,15Vt\vec{v} - 0,12Vt\vec{v} = 0,03 \cdot V \cdot t \cdot \vec{v}$.

Следовательно, $BD = |\overline{BD}| = 0,03 \cdot V \cdot t$, а $\frac{BD}{2k} = \frac{0,03 \cdot V \cdot t}{2k}$.

Тогда согласно выше сформулированному требованию $\frac{BD}{2k} = \frac{0,03 \cdot V \cdot t}{2k} \leq 0,5 \cdot l$.

Отсюда следует $k \geq \frac{0,03 \cdot V \cdot t}{l}$.

Для получения числовых значений рассмотрим пример.

Предположим, что судно потерпело аварию в Черном море.

В зимний период над всем пространством Черного моря средняя скорость ветра составляет $V = |\vec{V}| = 8 \div 10$ м/с [6]. Возьмем, что в районе скорость ветра $V = |\vec{V}| = 8$ м/с.

Пусть t – промежуток времени, по прошествии которого к месту нахождения потерпевшего аварию судна, может прибыть спасательное судно, равен 10 часам, т.е. $t = 36000$ с.

При нормальной видимости в дневное время можно положить $l = 1000$ м.

В соответствии с примером получим:

$$k \geq \frac{0,03 \cdot 8 \cdot 3600}{1000} = 8,64.$$

Положим $k = 9$, $2k = 18$.

Таким образом, на основании выше полученного, в соответствии с методом Монте-Карло [7], разобьем интервал $(0; 1)$ на $2k = 18$ частей равных по длине частей, рис. 2.

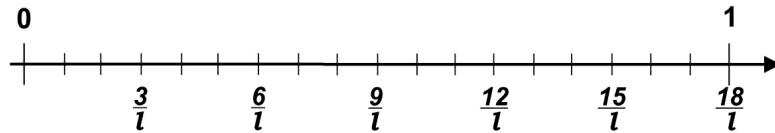


Рисунок 2 – Распределение интервала $(0; 1)$ на 18 частей

Тогда

$(0; 0,055)$; $(0,055; 0,111)$; $(0,111; 0,167)$; $(0,167; 0,222)$; $(0,222; 0,278)$; $(0,278; 0,333)$; $(0,333; 0,389)$; $(0,389; 0,444)$; $(0,444; 0,5)$; $(0,5; 0,556)$; $(0,556; 0,611)$; $(0,611; 0,667)$; $(0,667; 0,722)$; $(0,722; 0,778)$; $(0,778; 0,833)$; $(0,833; 0,889)$; $(0,889; 0,944)$; $(0,944; 1)$.

Обозначим все 18 частей распределенного интервала $(0; 1)$ через (1) .

Этому разбиению интервала $(0; 1)$ соответствует разбиение интервала BD на 18 частичных интервалов.

Пусть δ – верхняя граница ошибки, т.е. самое большое возможное расстояние между истинным положением судна и положением, рассчитанным по методу Монте-Карло. В данной задаче в качестве γ обычно рассматривают значение $\gamma = 0,95$.

С надежностью γ верхнюю границу ошибки δ можно вычислить по формуле

$$\delta = \frac{u\sigma}{\sqrt{n}},$$

как средняя ошибка средней арифметической величины, где u – значение аргумента функции Лапласа, при котором $\Phi(u) = \frac{\gamma}{2}$, n – число испытаний (разыгранных значений x), σ – среднеквадратическое отклонение.

Если в качестве надежности γ рассматривать число $\gamma = 0,95$, то по таблице значений функции Лапласа из условия $\Phi(u) = 0,475$ находим $u = 1,96$.

Отсюда следует, что наименьшее число испытаний, которое гарантирует заданную верхнюю границу ошибки δ равно n :

$$n = \frac{u^2 \sigma^2}{\delta^2}.$$

Так как: $u = 1,96$; $\sigma = 0,005 \cdot V \cdot t = 0,005 \cdot 8 \cdot 36000 = 1440$ м.; $\delta = 500$ м, то

$$n = \frac{\tau^2 \sigma_1^2}{\delta_1^2} = \frac{1,96^2 \cdot 1440^2}{500^2} = 1,96^2 \cdot \left(\frac{1440}{500}\right)^2 = 3,8416 \cdot 2,88^2 = 3,8416 \cdot 8,2944 = 31,86.$$

Положим $n = 32$.

Найдем с помощью датчика случайных величин в среде Excel $n = 32$ чисел из интервала $(0; 1)$. Получили величину $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{32} = 0,488994$.

Обращаясь к результатам распределения интервала (0; 1) на 18 частей, т.е. которое ранее обозначили (1) видим, что в обоих случаях величина $\bar{x} = 0,488994$ находится в промежутке (0,444; 0,5).

В заключение возвращаясь к рис. 1 и зная, что расстояние

$$AB = 0,12 \cdot V \cdot t = 0,12 \cdot 10 \cdot 14400 = 17280 \text{ м.}$$

$$AD = 0,15 \cdot V \cdot t = 0,15 \cdot 10 \cdot 14400 = 21600 \text{ м.}$$

$$AC = \frac{1}{2}(AB + AD) = \frac{1}{2}(17280 + 21600) = \frac{1}{2} \cdot 38880 = 19440 \text{ м.}$$

Находим

$$BN = BD \cdot \bar{x} = (AD - AB) \cdot \bar{x} = (21600 - 17280) \cdot 0,474507 = 4320 \cdot 0,474507 = 2050 \text{ м.}$$

Отсюда следует, что

$$NC = BC - BN = (AC - AB) - BN = (19440 - 17280) - 2050 = 2160 - 2050 = 110 \text{ м.}$$

Таким образом, с учетом погрешности, ветровой дрейф судна составит:

$$AN = AB + BN = 17280 + 2050 = 19330 \text{ м.}$$

Выводы: 1. При любом виде опасности для экипажа создается экстремальная ситуация и в этой ситуации важно на судне создать нормальную обстановку в организации и обеспечения трудовых действий экипажа. 2. После аварии (с остановленными двигателями) судно при ветровом дрейфе окажется через 10 часов в точке N для которой расстояние $AN = 19330$ м, что является расчетным расстоянием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чувашов В. М. Практическое судовождение : учеб. пособие. – Севастополь, 2012. – 256 с.
2. Бень А. П., Плющ В. Н. Выход в исходную точку поиска в кратчайшее время при осуществлении поисково-спасательных операций // Науковий вісник ХДМА. – 2010. – № 1(20). – С. 24-35.
3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 2003. – 479 с.
4. Таблица значений функции Лапласа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : natalymath.ru/laplas.html.
5. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло. – М.: . Издат. «Наука», 1973. – 312 с.
6. Стехновский Д. И., Зубков А. Е., Петровский Ю. С. Навигационная гидрометеорология : учебник. – М. : Изд-во «Транспорт», 1971. – 280 с.
7. Савелова Т. И. Метод Монте-Карло : учеб. пособ. – М., 2011. – 150 с.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕНИНГ ЭКИПАЖА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОРАБЛЯ

Евдокимова В.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина),

Деева О.В.

Государственная служба статистики (Украина, г. Киев),

Хаев Л.Г.

Служба помощи (Германия, г. Берлин)

Сегодня экипажам кораблей самого различного класса и назначения приходится работать в жестких и быстроменяющихся условиях. При этом вопросы обеспечения безопасности судна приобретают всё большую остроту. Утрата состояния безопасности судна, возникновение той или иной угрозы или опасности имеет своим источником как агрегаты, механизмы и устройства судна, так и «человеческий фактор», связанный с действием или бездействием членов его экипажа. Технический прогресс обуславливает постоянное усложнение как машин и механизмов, так и систем управления корабля. Роль «человеческого фактора» при этом не снижается, а, напротив, всё более возрастает. Отсюда физические и психические способности и выучка моряков приобретают не меньшее значение, чем характеристики оборудования корабля. Постоянно усложняющиеся процессы отбора, подготовки и повышения квалификации моряков требуют участия целого ряда специалистов.

Функции всех без исключения членов экипажа реализуются в двух видах деятельности: «человек-машина» и «человек-человек». И если подготовке моряков в первом виде деятельности всегда уделялось и уделяется большое внимание, то во втором – ощущается его явный дефицит. Межличностные конфликты, недостаточное взаимопонимание членов экипажа в критических ситуациях (например, в завершающих этапах длительных походов) становятся серьёзными источниками опасности. Флоты большинства богатых стран широко и постоянно используют услуги квалифицированных психологов, отечественный флот прибегает к этому в значительно меньшей степени. В такой ситуации сложно обеспечить решение существующих проблем и выход на новые рубежи деятельности флота, безопасности судна и членов его экипажа.

Улучшить межличностные отношения в экипаже судна, повысить коммуникативную компетентность всех его членов можно с помощью психологического тренинга, являющегося одним из наиболее эффективных и экономичных методов современной практической психологии. У истоков его разработки стояли такие видные психологи, как К. Левин («тренинг-группы»), К. Роджерс [7], У. Шутц («группы встреч»), Я. Морено (психодрама) [6], Ф. С. Перлз (гештальт-терапия) [8]. Групповой тренинг может включать в себя элементы трансактного анализа [3], тренинга ассертивности [7], психодрамы [6], проективных методов исследования личности [9]. Тренинг формирует навыки не только глубокого самопознания и познания других людей, но и апробации новых форм поведения под влиянием полученной информации [2, 5, 7].

Тренинг помогает лучше понимать свое и чужое поведение, расширяет возможность адекватной экспрессии своего внутреннего состояния. В процессе общения активизируются открытость, спонтанность, пластичность, гибкость, терпимость к другому, доброжелательность и искренность. Участие в группе делает рефлекссию более реалистичной, а осознание личностной структуры происходит не только на самосозерцательном уровне, но и на уровне конструктивных изменений поведения.

К числу групповых эффектов тренинга относят сплочение команды, развитие командного чувства, умения работать коллективом, доверять окружающим, прояснение и корректировка групповых целей, ценностей и ожиданий. Тренинг позволяет овладеть методами недирективного управления, приемами создания теплой, доброжелательной

атмосфери взаимоотношений, перцептивними методиками (например, анализом невербального взаимодействия), анализом ситуации общения.

Особенности психологической атмосферы и корпоративной культуры экипажа корабля определяются высокими, близкими к предельно допустимым, физическими и психическими нагрузками, замкнутым пространством корабельных помещений, однополым коллективом, необходимостью освоения в короткие сроки сложной техники современного корабля, высокой ответственностью каждого, наличием разнообразных реальных опасностей для жизни и здоровья в продолжительных походах вдали от родных берегов. Это предопределяет необходимость жесткого физического и психического отбора, обеспечивает социальную престижность профессии моряка, возникновение ореола исключительности. Весьма сильной является установка: «мы особенные, мы настоящие мужчины, мы можем вынести многое, мы не предаём».

Способствует этому и наличие ритуалов инициации, например, в первый выход в море матрос должен выпить литр заборной воды. Известно, что согласно результатам экспериментов Э. Аронсона и Д. Миллса, «людям, прошедшим неприятную инициацию с целью стать членами определенной группы, эта группа нравится больше, чем людям, заплатившим за ту же привилегию меньшую цену» [1].

Согласно уставу, «командир... обязан... изучать и внедрять в практику все новое, передовое, способствующее повышению эффективности обучения и воспитания подчиненных». В русле этого уставного положения была разработана система тренингов, включившая занятия с матросами срочной службы, матросами, служащими по контракту, мичманами, младшими и старшими офицерами [4].

Цель тренинга для матросов – обеспечение их более быстрой и полной адаптации к условиям службы на корабле, профилактика межличностных конфликтов и неуставных отношений, коррекция и развитие личности. Направленность тренинга была, в основном, каузальной (то есть направленной на причины нарушений), отчасти – симптоматической.

Были организованы дневные и вечерние группы. В состав каждой группы вошли разнополая пара ведущих и 6-8 участников, а при долевого участия, то есть посещения каждым участником половины занятий плюс первое и последнее – 10-12. Условия отбора участников: отсутствие медицинских противопоказаний (временных) и желание заниматься (согласно опросу). При невозможности посещения всех занятий одно место занимали два человека, при этом посещение первого и последнего занятий было обязательно для всех участников, например, Иванов посещал занятия 1, 2, 4, 6, 7, а Петров – занятия 1, 3, 5, 7. Общее количество участников на первом и последнем занятиях не превышало 12 человек.

Занятия проводили в матросской столовой, два стола временно демонтировали, участники сидели на скамьях по трое, форма одежды на занятиях – штатная, повседневная. Индивидуальные консультации проводили по желанию участников, до часа на участника, до двух консультаций в день, до или после дневной и вечерней сессий, начиная со второго дня. Согласно пожеланиям участников использовали часть личного времени матросов. По соображениям безопасности аудио- и видеозапись не производили, фотосъемкой не пользовались.

В начале первого занятия проводили короткую вступительную лекцию, в которой раскрывали сущность тренинга, особенности функционирования группы, указывали возможные результаты тренинга. После нее организовывали беседу на темы: «Какое у меня настроение?», «Чего я ожидаю от группы?» и т.д.

Использовали широкий спектр психокоррекционных методик. Большинство из них заимствовали из литературы, однако в ходе занятий они подвергались модификации и адаптации к конкретным условиям занятий, составу участников, ситуации тренинга. Специфику контингента участников и условий тренинга учли путем модификации известных упражнений и этюдов. Ряд использованных этюдов и упражнений были специально разработаны для данного тренинга: «Море и берег» (анализ образов

и ассоциаций), «Дальний поход», «У нас на корабле» (анализ ситуаций), «Что нужнее матросу?» (анализ качеств личности), «Экскурсия по кораблю».

Типовая структура занятия включала представление (первое занятие) или групповое приветствие с воспоминаниями (последующие занятия), психомоторное упражнение, коммуникативное упражнение, аутогенное погружение [2], обсуждение, подведение итогов, групповое прощание. Основные коррекционные методы: психомоторные упражнения, групповые дискуссии, аутогенная тренировка; вспомогательные – диалоги и медитация. Занятия были нацелены на повышение открытости и разрешение внутренних и межличностных конфликтов. Основная пространственно-коммуникативная диспозиция – сидя в кругу по 3 на 4 скамьях. Коммуникативная структура группы – «звезда», то есть связи «участник – ведущие» были интенсивнее связей «участник – участник».

Уровень жесткости следования программе, структурированности времени занятий – средний (ввиду недостатка времени). Уровень структурированности времени с начала до предпоследнего занятия снижали, потом повышали. Уровень жесткости интервенций ведущих и конфронтаций участников был средним ввиду недостатка времени на глубокую проработку конфликтов и последующую эмоциональную «разгрузку». Этот уровень также с начала до предпоследнего занятия рос, потом снижался.

Особенности контингента участников:

- привыкли все выполнять в высоком темпе, состояние острого дефицита времени привычно;
- хорошо знакомы друг с другом;
- высокий интеллектуальный и образовательный уровень (треть молодых матросов – после хороших вузов);
- высокий уровень рефлексии (самоосознания), высокая способность к погружению;
- без приказа пассивны, а по приказу готовы сделать многое; еще более высока, чем обычно, роль разрешения извне на определенные формы поведения;
- острый тактильный голод, спровоцированный не только однополым коллективом, но и наличием ограниченного замкнутого пространства (однако, согласно Э. Берну, дефицит тактильной стимуляции является в нашем обществе обычным [3]);
- мощная идентификация с ведущей, наделение ее чертами доминирующей личности и «конечного спасителя», причём с возрастом наблюдается снижение значимости второй роли и повышение значимости первой.

Особенности условий тренинга:

- существенный дефицит времени;
- малая площадь помещений, очень ограниченное пространство, столы привинчены к полу, что еще больше усугубляет дефицит свободного пространства;
- новизна и необычность действия, отсюда острое любопытство остальных членов экипажа, а также экипажей стоящих рядом кораблей к происходящему на тренинге;
- качка на корабле у стенки практически не ощутима, поэтому модификация упражнений не является необходимой.

Особенности методики тренинга:

- необходима высокая временная структурированность занятия тренинга вследствие недостатка времени;
- темп должен быть не очень медленным из-за недостатка времени, но и не очень быстрым из-за необходимости противопоставления обычной жизни на корабле;
- нецелесообразно использование арт-терапии и психодрамы вследствие недостатка времени, ограниченности пространства и невозможности занятий на палубе; нецелесообразны упражнения на знакомство с внешней стороной жизни участников;
- целесообразно использование упражнений с опорой на имажинативные

способности (способности воображения). Эти способности у участников хорошо тренированы, такие упражнения встречаются участниками с благодарностью;

– целесообразно использование упражнений на развитие кинестетической (мышечной) и тактильной (кожной) чувствительности, несмотря на их мнимое «отвержение» участниками под влиянием механизмов психологической защиты;

– целесообразна эксплуатация эмоционально нагруженных образов «далекой (пространственно) матери» («блудный сын», «мать и дитя») и «далекой (во времени) дочери» («разговор с дочкой», «прогулка с дочкой»);

– при аутогенном погружении целесообразно использование образов: большие свободные пространства, поле, горы, лес, сад (одному из коренных столичных жителей упорно снилась деревня).

После проведенного тренинга для его участников была организована дистанционная психологическая поддержка в режиме горячей линии.

Никакой тренинг и никакое воздействие на корпоративную культуру не может быть эффективным без максимального использования её позитивных элементов, зримых символов, ритуалов и традиций. Однако, чем прочнее традиции, глубже смысловая наполненность символов, корпоративное чувство «особенности», тем сложнее даются даже незначительные изменения. С учетом существующей системы символов, воплощающих соответствующую систему ценностей, тренинг для офицеров проводили в кают-компани. Участники сидели по три человека за столом. Первая половина занятия по форме была построена как беседа, традиционная для времяпрепровождения офицеров в кают-компани. Ее содержанием было, в основном, обсуждение выполненных психомоторных и коммуникативных упражнений, а также последующая общая дискуссия. Вторая половина занятия представляла собой сеанс аутогенной тренировки и последующее обсуждение его результатов [2]. Адаптация внешней формы занятий тренинга к высоким образцам, позитивным стереотипам поведения участников ускорила нелёгкое принятие принципов и норм тренинга и способствовала повышению его конечной эффективности.

Выводы. Проведение тренингов в экипаже корабля согласно разработанным концепции, содержанию и методике является эффективным средством повышения безопасности судна путём улучшения выполнения его экипажем своих функций. Однополюсные тренинговые группы, в частности, создаваемые в экипаже корабля, отличаются высоким единством ценностных ориентаций, замедленной групповой динамикой, повышенным уровнем агрессии, центробежными тенденциями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Г. М. Социальная психология. - М.: Аспект-пресс, 1999. – 367 с.
2. Ахмедов Т. И., Жидко М. Е. Психотерапия в особых состояниях сознания: история, теория, практика. – Харьков : Фолио; М. : АСТ, 2000. – 768 с.
3. Берн Э. Групповая психотерапия. – М. : Академический проект, 2000. – 464 с.
4. Корпоративная культура: аспекты управления / Г. Л. ХаеТ, А. Л. Еськов, Л. Г. ХаеТ и др. – Донецк : Донбасс, 2003. – 400 с.
5. Марасанов Г. И. Социально-психологический тренинг. – М. : Совершенство, 1998. – 208 с.
6. Морено Я. Театр спонтанности. – Красноярск : Фонд ментального здоровья, 1993. – 126 с.
7. Практикум по социально-психологическому тренингу / Под ред. Б. Д. Парыгина. – СПб. : Изд-во Михайлова В. А., 2000. – 352 с.
8. Рудестам К. Групповая психотерапия. Психокоррекционные группы: теория и практика. – М. : Прогресс, 1990. – 368 с.
9. Яценко Т. С., Кмит Я. М., Мошенская Л. В. Психоаналитическая интерпретация комплекса тематических психорисунков (глубиннопсихологический аспект). – М. : СИП РИА, 2000. – 194 с.

SURVIVAL TECHNIQUES AS A PART OF SAFETY ON THE SEA

Panov S.F., Myalkovsky B.A., Novoselov E.F.

Kyiv State Maritime Academy named after Hetman Petro Konashevich-Sahaydachnyi
(Ukraine)

Introduction. The most famous maritime disaster was the sinking of the RMS Titanic on 15 April 1912 which resulted in the Safety of Life at Sea (SOLAS) Convention being set up. This ensured that all vessels were obliged to carry the required lifesaving equipment. Familiarization, basic training and instruction in personal survival, safety and social responsibilities for all seafarers are relevant in accordance with the rules and recommendations of the International Convention on Training, Certification and Watchkeeping of Seafarers, 1978, as amended in 1995 and 1995 STCW Code For all seafarers and trainees are conducted briefings and examination in order to obtain the relevant certificates, recommended, the certificate booklets about the functions, concerning emergencies, occupational safety, first aid and survival.

Research results. Survival techniques are of most important concerns of survival at the sea. Once a ship has been abandoned all an individual can do is to save his own life and that of others. To do so, in addition to the will to struggle, the survivor needs the widest possible understanding of the possible difficulties in surviving and the actions available for handling them successfully. The circumstances or conditions which threaten the survivor and which must be confronted should be fully understood. These enable the survivor to deal with defined dangers and take the necessary action in regard to those which present the greatest danger which are as follows:

1. Fear.
2. Cold.
3. Isolation.
4. Thirst.
5. Hunger.
6. Solar radiation.
7. Immersion, sea sickness, marine life.

1. Fear. Fear is the main cause of rapid death in survivors. This is due to a state of panic arising from a psychic condition in the survivor which provokes a physical reaction of the heart described as ventricular fibrillation. This prevents the survivor to react normally in a specific situation. The principal circumstances which lead to this condition are surprise and ignorance.

2. Cold (Hypothermia). Cold is the second of the dangers which may threaten a survivor because the loss of heat from the body can lead to hypothermia. The sensation of being cold is due to the constriction of the arteries and it should be understood that the human body dies when its internal temperature falls below 28 degrees Centigrade or Celsius (82.4 degrees Fahrenheit). The best way to reduce heat loss or avoid hypothermia is to cover the body and at the same time use up as little internal energy as possible.

When in the water the only clothing that impedes keeping afloat, such as sea boots or shoes, should be removed.

2.1. Survival position. The position of a survivor which ensures the minimum heat loss has been proved by test and is such that the inside of the arms are supported lightly on the breast holding on to the life-jacket, the legs doubled up over the groin, and the head is out of the water for breathing.

2.2. Support in the water. Survivors should also make use of any floating object to get their bodies out of the water, if only partially. If the survivor has nothing to hold on to in the water he can make a buoyant float out of clothing. To do so, the trousers should be removed and a knot made in each leg. Then, grasping the waist by one side, the trousers should be shaken horizontally above the head and, with a forward movement, brought down forcefully into the water so that air is trapped in the trousers allowing the survivors to rest on them for a while.

3. *Isolation.* The feeling of loneliness due to isolation is another danger which confronts a survivor. In fact, rescue through his own efforts depends on physical condition and the chance of reaching the coast within a reasonable distance.

3.1. *Locating the survivors.* Portable radio is useful for rescue services to locate the lifeboat. It is easier to find the survivors if they should keep together and close to the ship. The ship's position as sent in the distress message and radio signals from the portable radio should bring the rescue services to the area. Survivors that are keeping together and close to the sunken ship can be located faster and also while together they can offer each other help.

4. *Thirst.* A human being requires an average 1 liter of water, lack of it leads to dehydration and causes death. The chances of obtaining drinking water at sea, though limited, do exist and are listed below.

- rainwater;
- water from marine species;
- lifeboat and liferaft water supplies;
- distillation of water from seawater.

Rainwater can be collected in a lifeboat by using the caver, using canvas such as the lifeboat sails formed into a funnel allowing water to run into storage place. Another way is to soak clothing material and then wring it out. Marine species such as fish hold water in their bodies which can be swallowed soon after the fish are caught. Water is required to be supplied in a lifeboat in accordance with a scale laid down by law.

Survivors should follow two rules.

The first rule is not to drink any water for the 24 hours because the body holds enough in reserve to last for this period of time. Injured and sick persons should be excluded from these rules. The second rule is ration each person to half litre (one pint) daily.

In order to reduce the quantity of water to be consumed, the rations should be given three times a day: one when the sun rises, one at noon and one at sunset. No unnecessary exercise should be taken which would aggravate thirst. The water should be swallowed a little at a time, keeping it in the mouth and throat for a while so as to savour it better.

4.1. *Precautions when thirsty.* To deal with this problem it is necessary to know how to obtain water and how to avoid increasing the thirst for water. Some precautions are noted below:

- do not drink seawater, it aggravates thirst, and can cause internal damage and death. Small amounts of seawater may be taken only in exceptional circumstances and mixed with the juices extracted from sea fish;
- never drink urine this waste product increases thirst and not assimilated by the body;
- do not drink alcohol and blood of captured birds as this can increase thirst.

5. *Hunger.* Hunger arises from the need for nourishment but the need for food does not have to be satisfied immediately as the human body can survive for up to 20 days without eating.

When a ship is abandoned, only such food that can be easily handled, occupies very little space, offers plenty of calories and is readily available should be taken. Examples are given below: sugar; chocolate; glucose; tins of milk; biscuits.

Some basic rules in regard to nutrition are described next:

1. Do not issue any food for the first 24 hours; there is no need to eat as the body has reserves arising from food previously digested.
2. The normal daily ration is 75 grams of sugar, biscuits, and milk tablets or chocolate, they supply the calories necessary for the consumption of energy related to the minor duties in the lifeboat.
3. The biscuits should be eaten at the same time as water taken, since biscuits can increase thirst.
4. The sugar or milk tablets can be issued twice a day and allowed to dissolve slowly in the mouth.

6. *Solar radiation.* The Sun irradiation helps against cold, but can seriously damage the skin and eyes due to sunburn. The damage to the eyes consists of reddening the eyes caused by

the direct or reflected sun's rays, it is accompanied by sharp pain. It can be avoided by covering the eyes with a dark cloth leaving a small hole just to see through and be employed from sunrise to sunset. The direct effects of the sun's rays cause sunburns and heat stroke; more important indirect effects are thirst and heat stress. The direct effects of the sun's rays can burn the skin by first reddening it, then producing blisters and eventually third-degree burns which destroy skin tissues under direct action of the sun. To prevent such injure the lifeboats and life rafts have protective covers. In addition the body should be covered with clothing, especially the parts normally not exposed to the sun. Heat stroke is also the result of the direct action of strong sunlight and may be prevented in the same way as for burns but, in addition, once the boat cover is in place a good circulation of air within the boat should be provided and the body should be kept cool by bathing or by keeping the clothes wet. Wet clothes should be allowed to dry before nightfall to prevent excessive cooling. As much rest as possible should be taken, leaving any tasks which use up energy to times when the heat is less intense or to night hours.

7. *Immersion, sea sickness, marine life.* Seasickness is a condition which nearly all survivors suffer from when a survival craft and its main effects should be treated from the moment survivors board the craft, using the medicine provided for this purpose in the first-aid kit. It is sensible to keep busy even if only by thinking about what should be done while in the boat. This not only helps to prevent seasickness but also to keep up spirits.

7.1. *Marine species.* Although some species of marine life can benefit survivors when used as food, other species can be aggressive, especially to survivors floating immersed in water or inside inflatable liferafts. The greatest threat is from sharks when the survivors are in the water and from marine bird life when in inflatable life rafts. To prevent or discourage the presence of these, any action which might attract them should be avoided. Speaking in a loud voice fishing when sharks are suspected to be close by, throwing rubbish over the side, letting hands or feet trail in the water, or bathing without first making sure the water is clear should be avoided. Birds should not be allowed to perch on the liferaft because by pecking or clawing they may damage the inflated portions of the liferaft. Nothing can be done to avoid the presence of sharks when a survivor is immersed in the water. There are no fixed rules for avoiding attack but the suggestions below have been tried with some success by other survivors:

- keep facing the shark;
- do not move away but rather swim towards it;
- make much noise, do shouting or splashing the water with hands and feet;
- hit the shark in the pointed part of the head if it approaches close enough;
- do not take off clothing or footwear.

7.2. *Rescuing survivors in the water.* In the case of someone in the water is incapable of keeping afloat, speedy action should be taken but without haste. The rescuer should remove enough clothing and footwear to be able to dive under the water to find the unconscious person.

The unconscious person should be kept in sight as long as possible. Before entering the water a stick or article of clothing should be thrown to the person in the water so something is available to clutch and to prevent the rescuer being stopped from swimming. Once in the water the rescuer should approach the survivor and try to encourage and soothe the person. The person being rescued should be grasped from behind to prevent any clutching of the rescuer and should be kept at a distance by using a shoulder to fend off. When ready, the hair of the unconscious person can be grasped or a hand passed under each armpit. Another way is to hold the person under the chin. To tow the person, the rescuer should swim sidestroke leaving one hand free or swim backstroke holding the head of the person out of the water with both hands and using the legs for swimming. Another technique is for the rescuer to keep floating, holding the person's head out of water at all times, while waiting for the rescue craft to get there. Only when such help is not available should the rescuer swim to the shore or to the boat, trying to avoid excessive fatigue.

7.3. *Behavior in lifeboats and life rafts.* On abandoning a ship in case of a casualty, it is essential to keep calm and remember that when notice of the sinking has been received all the

modern machinery of search and rescue will be put into effect. Everyone should be assigned a duty, such as taking care of the food, keeping a continuous look-out or handling the equipment for signaling and distress calls. All possibility of signaling should not be discounted as parachute distress rockets, hand flares, and smoke signals provided as equipment can be seen at great distances. By night are used rockets, hand flares and a signaling torch, at day time very efficient is the signaling mirror.

7.4. *Helicopter rescues.* When the rescue of survivors is carried out by means of helicopters, a type of basket is lowered into which the survivor must enter. When ready to be hoisted up, the survivor should signal «thumb up» with one hand. Then, when safety clear of the water, he should rise both arms with both hands «thumb up» and keep looking at the helicopter while climbing. When a sling is used instead of a basket, the survivor should hold on to it and place first one arm then the other and the head inside so that the sling is secured under the armpits.

In all the actions being taken to pick up survivors, it is important that the person being rescued, as well as those still in the water should keep calm and not give way to panic. Injured people, old persons and children should be picked up first.

8. *Other dangers.* In addition to those dangers already referred to, there are others which although less important can not be ignored, among which are included being continually wet, seasickness and marine life. Immersed in a sea environment it is inevitable that the survivor will be wet all the time but if inside a lifeboat or liferaft, the entry of water should be prevented and any that is inside should be pumped out.

Conclusions. Under present conditions the most important component of Maritime navigation security is the «human factor», of which the main parameters are professionalism, competence and psychophysiological physical qualities, acquired by sailors at learning and continuous training. International and national requirements of training at all levels are gradually rising, at the same time the ship skippers must continuously improve their professional knowledge, experience and skills of safe operation of the vessel. Only under these conditions can be minimized the adverse effects of the «human factor» (Resolution IMO A.884 (21)) and thereby reduce accidents in the Navy.

REFERENCES

1. Александров М. Н. Безопасность человека на море. – Л. : «Судостроение», 1983.
2. Корнараки В. А. Справочник лоцмана. – М. : «Транспорт», 1983.
3. Морской энциклопедический справочник. В 2-х т. Т. 1, 2.– Л. : «Судостроение», 1987.
4. Неотложные состояния и экстренная медицинская помощь. – М. : «Медицина», 1989.
5. Палкевич Я. Е. Выживание на море. – М. : «Корвет», 1992.
6. Boger Jan. Uberlebens-Digest. Stuttgart, 1994.
7. Boswell John. US Army survival handbuch. Die Hohe Schule des uberlebens. – Pietsch Verlag Stuttgart, 1995
8. John Wiseman. The SAS survival handbook. – London, Collins Harvill, 1986.
9. RGIT Survival. Emergency training Handbook. – Scotland, United Kingdon, 1990.

МОРСКОЙ АГЕНТ КАК ОПЕРАТОР ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЭУ ПРИ СТОЯНКЕ СУДНА В ПОРТУ

Петров И.М.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. В последнее время возросли требования к качеству технического обеспечения эксплуатации морских судов и их энергетических установок (СЭУ). Важной особенностью системы технического обеспечения становится её непрерывное целенаправленное развитие, связанное с глобализацией рынка, изменением его конъюнктуры, хозяйственного механизма, внутренних и внешних условий и ограничений и, соответственно, приводящее к появлению новых связей, а также к изменению системы управления (алгоритмов, задач, способов и методов). Не маловажная роль в этом принадлежит операторам, к которым, как далее показано, относится и морской агент.

Актуальность исследования. СЭУ представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов, в состав которых входят главная и вспомогательная установки, системы и устройства, обеспечивающие её нормальное функционирование [1]. СЭУ – это сложная организационно-техническая система, характерными признаками которой являются участие в ней людей – операторов, машин, внешней среды, а также наличие возмущающих факторов, разнообразие состояний и большое число внутренних связей между элементами подсистем [2]. Одним из важных этапов жизненного цикла СЭУ, требующего непрерывного управления, является эксплуатация [3], т.е. та часть жизненного цикла, на протяжении которого она используется по назначению [4].

Понятие «эксплуатация СЭУ» в последнее время претерпело существенные уточнения. Традиционно оно отражало совокупность организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение судна необходимыми видами энергии. Условием успешной эксплуатации СЭУ считаются: выполнение требований эксплуатационной документации (инструкций), правильный выбор режимов работы, своевременное выполнение работ по техническому обслуживанию, высокое качество ремонтных работ, экономный расход топлива, масла и др. Мероприятия по эксплуатации СЭУ являются элементами *технической эксплуатации флота*. Главная цель этих мероприятий – максимально продлить использование судна по назначению (эксплуатационное время) за время его службы при условии сохранения требуемого уровня надежности [5].

Упомянутые выше требования отображали господствовавший до начала 60-х годов техноцентрический подход (его направление - от техники к человеку.)

В 60 – 70-е гг. XX в. в трудах В. М. Ахутина, Г. М. Зариковского, А. А. Крылова, В. Ф. Рубахина, Б. А. Смирнова, Г. В. Суходольского и других разработаны концепции взаимодействия оператора с системами управления и средствами отображения информации. Ч. Биллингс, Г. Йохансен, А. Левис, Д. Миллер, Н. Морейя, Р. Соркин, Х. Стассен, при решении проблем эксплуатации учитывали и когнитивные процессы в операторской деятельности. Тогда же В. Н. Абрамова, Дж. Бендерс, М. И. Бобнева, О. Браун, Г. Е. Журавлев, Н. Мешкати, С. О. Парсонс, Г. Салвенди, Л. Т. Строуп, Дж. Тэро разрабатывали концепциях социоцентрической направленности, макроэргономики и культуры безопасности, в рамках которых рассматривали социальные, организационные, управленческие, экономические (макрофакторы) и личностные факторы функционирования социотехнических систем [6]. Сегодня они учитываются во многих исследованиях. Дж. Бендерс, Дж. Хаан, Д. Беннетт обосновывают симбиотический подход интегративного характера, постулирующий сбалансированное рассмотрение технических, социальных, организационных аспектов. По ряду позиций он должен стать главным направлением современного проектирования [7]. Изучением процесса

эксплуатации сложных технических систем, в том числе и СЭУ, стала заниматься теория эксплуатации. Она возникла на основе теории надежности, теории массового обслуживания, теории восстановлений и методологии системного анализа и получила развитие как новое научное направление в технической кибернетике [3].

Указанные обстоятельства определяют несомненную актуальность исследования.

Постановка задачи. Целью исследования является повышение эффективности эргатических систем управления эксплуатацией СЭУ при стоянке судна в порту/на рейде. Для достижения указанной цели решается задача уточнения и обоснования роли морского агента как оператора указанных систем.

Результаты исследования. Отличительной особенностью систем управления эксплуатацией СЭУ является наличие в её составе людей и различных устройств (ЭВМ, вспомогательной техники и т.д.). Такие системы управления, в которых человек принимает непосредственное участие, называются эргатическими системами управления (ЭСУ). Согласно положениям теории эксплуатации для эффективного функционирования ЭСУ эксплуатацией СЭУ (в нашем случае – в порту) должны учитываться две группы факторов, влияющих на ее работу:

– внешние: условия в порту – плотность судопотока, погодные условия, время года и суток, наличие льда, обрастание корпуса и т.п., обычаи и постановления по порту, правила классификационных обществ, условия судовладельцев/ фрахтователей/ операторов, обслуживающих и контролирующих организаций, инспекций и т. п.);

– внутренние: физические, психосоциальные, психофизиологические возможности операторов. Причем человеческий эргатический элемент является центральной компонентой. Это относится к любому оператору, участвующему в эксплуатации СЭУ - как члену экипажа, так и представителю человеческой периферийной компоненты, опосредованно привносящему влияние окружающей среды.

Система обеспечения эксплуатации, в целом характеризуется показателями основных свойств: точности, устойчивости, надежности, эффективности, адаптивности, своевременности, экономичности, сложности [3].

Управление эксплуатацией СЭУ характеризуется наличием обратной связи. В процессе управления операторы осуществляют целенаправленное воздействие на объект управления (эксплуатацию СЭУ) с последующей корректировкой. Такому управлению должен подвергаться не только объект, но также все элементы системы обеспечения эксплуатации СЭУ. Эффект эксплуатации в значительной мере зависит от успешности функционирования подсистем, показанных на рис. 1.

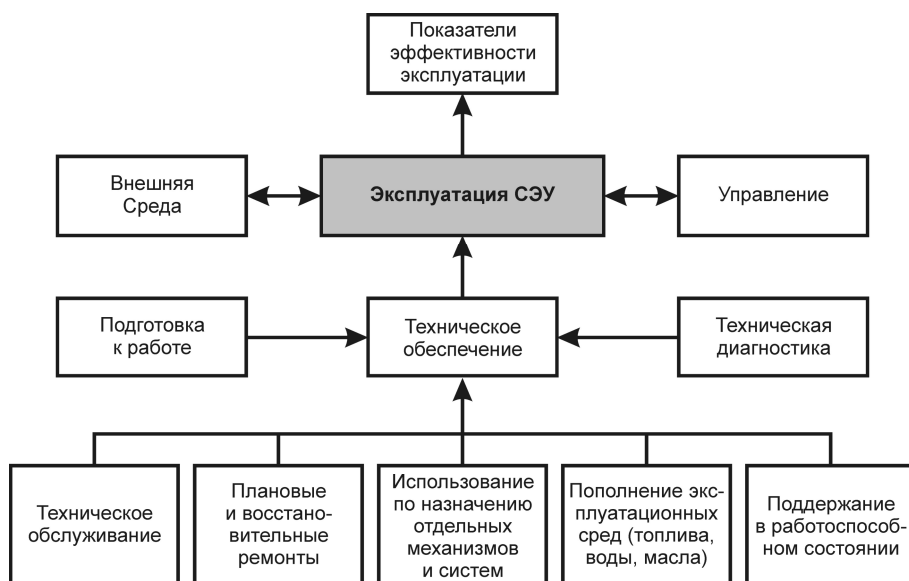


Рисунок 1 – Структура эргатической системы управления эксплуатацией СЭУ при стоянке судна в порту/ на рейде

Необходимость присутствия человека в системе обеспечения эксплуатации вызывается тем, что в силу многих причин требуется вмешательство оператора для контроля, диагностики, поиска и устранения неисправностей;

Для эргатических систем характерны три вида человеческой деятельности: операторная, руководящая, оперативная. Основными требованиями к эргономическим свойствам операторов являются: надежность; профессиональная пригодность, психофизиологическая устойчивость, скорость реакции, объем оперативной памяти и т.д. [3]. Поэтому, работу СЭУ при стоянке судна в порту следует рассматривать совместно с деятельностью оператора (малой группы операторов переменного состава в зависимости от конкретных эксплуатационных условий судна/СЭУ) [8, 9], в которой в качестве обязательного субъекта труда обязательно должен найти свое место судовой агент. Объектами профессиональной деятельности морских агентов в порту, которая охватывает такие её специфические виды, как сервисная, организационно-управленческая, и даже элементы консалтинговой и научно-исследовательской, являются суда с их энергетическим оборудованием. С этих позиций состав такой группы представлен на рис. 2. Здесь же показаны производственные связи агента в процессе управления эксплуатацией ЭСУ СЭУ при стоянке судна в порту/ на рейде.

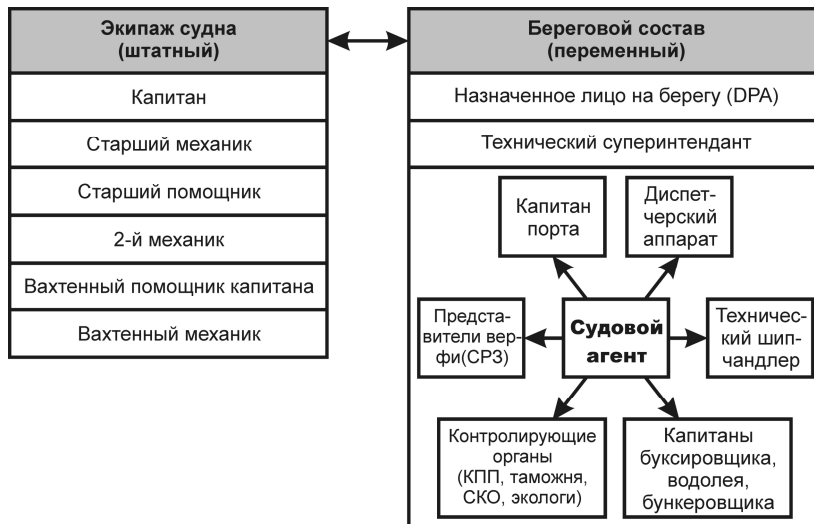


Рисунок 2 – Место судового агента в группе операторов ЭСУ СЭУ при стоянке судна в порту/на рейде

Участие агента в решении вопросов, связанных с обеспечением эффективной эксплуатации СЭУ на стоянке судна в порту начинается еще до подхода судна в порт, когда, получив от капитана заявки на снабжение судомеханическим имуществом, агент начинает работу по их выполнению. После прибытия на рейд/швартовки агент способствует работе комиссии по оформлению прихода. В ряду решаемых при этом вопросов можно привести следующие: помощь врачу СКО в установлении, есть ли на судне фланец международного образца для сдачи сточных, фекальных и хозяйственно – бытовых вод, и позволяет ли он откатывать эти воды на оба борта; в случае планируемого на стоянке ремонта СЭУ – составление письма в адрес капитана порта с просьбой разрешить вывод главного двигателя из эксплуатации; консультирование капитана в вопросах, связанных с заказом судомеханического снабжения, топлива, масел, воды, заправки газовых баллонов под давлением. Кроме того, во взаимоотношениях капитана и старшего механика с представителями контролирующих органов агент зачастую выступает в роли переводчика, что предопределяет знание им английской морской терминологии.

В рамках своих обязанностей морскому агенту зачастую приходится участвовать в:
 – обосновании предлагаемых методов и средств исследований профессиональной деятельности с использованием необходимых моделей, позволяющих

прогнозировать свойства объектов этой деятельности, принятия и реализации управленческих решений с учетом допустимого уровня риска;

- нахождении компромиссов между различными требованиями (стоимости, качества, безопасности и сроками исполнения) при долгосрочном и краткосрочном планировании эксплуатации судового оборудования, выбирать оптимальные решения; разработке нормативов эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и хранения судового оборудования и транспортных средств, проектов технических условий и требований, стандартов и технических описаний, нормативной документации для новых объектов деятельности;

- обеспечении экологической безопасности эксплуатации судового оборудования, безопасных условий труда персонала;

- организации и совершенствовании системы учета и документооборота, экспертиз и аудита при проведении сертификации деталей, узлов, агрегатов и систем для судового оборудования, прикладных исследований, услуг и работ по техническому обслуживанию и ремонту судов;

- подготовке и разработке сертификационных и лицензионных документов; использовании информационных технологий при вводе в эксплуатацию новых видов судового оборудования, а также в информационном поиске и анализе информации по объектам исследований.

Хорошая морская практика в области морского агентирования предусматривает осуществление обязанностей морского агента на основе сформировавшихся на практике правил работы, согласующихся с накопленным опытом, здравым смыслом и современным состоянием науки в данной области.

Выводы и перспективы дальнейшей работы по данному направлению.

Дальнейшего рассмотрения и проработки требуют вопросы совершенствования методологии исследований по данной проблематике, диагностики обслуживающего персонала – операторов СЭУ, формирования из них команды, использования современного инструментария оценки конкурентоспособности, компетентности, надежности операторов, как эргатического элемента эргатических систем обеспечения эксплуатации СЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибиниченко М. В. Судовые энергетические установки : учебное пособие. – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2010. – 110 с.
2. Долятовский В. А., Долятовская В. Н. Исследование систем управления : учеб.-практ. пособие. – М., Ростов-н/Дону : Изд. центр «МарТ», 2003. – 256 с.
3. Рыбалко В. В. Эксплуатация и диагностика турбинных установок : учебное пособие. – СПб : Изд-во СПбГМТУ, 2008. – 207 с.
4. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org>
5. Морской энциклопедический справочник: В 2-х томах. Том 2 / Под ред. Н. Н. Исанина. – Л. : Судостроение, 1986. – 520 с.
6. Журавлев Г.Е. Психологические основы культуры безопасности атомной энергетики и промышленности (системные аспекты) [Текст] / Г. Е. Журавлев, С. О. Парсонс, Л. Т. Строуп. – М., 1996. – 308 с.
7. Мейстер Д. Проектирование, разработка и испытание систем [Текст]/ Д. Мейстер/Человеческий фактор / под ред. Г. Салвенди. – М. : Мир, 1991. – Т. 1.
8. Ланчуковский В. И. Безопасное управление судовыми энергетическими установками : учебник. – Одесса : Астропринт, 2004. – 232 с.
9. Голиков В. В., Обертюр К. Л., Сафин И. В. Сценарное исследование деятельности операторов морской транспортной системы на принципах гарантированной безопасности в чрезвычайных ситуациях // Судовые энергетические установки: научно – технический сборник. Вып. 30. – Одесса : ОНМА, 2012. – С. 194–203.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ТРЕНАЖЕРА СПІВРОБІТНИКА ARO AIS

Рева О.М.

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),

Бірюков Д.Ю.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Вступ. У світовій цивільній авіації (ЦА) наразі є незаперечною теза щодо впливу людського чинника на безпеку польотів (БП) [1, 2]. Причому, вважаючи, що авіаційний персонал може і позитивно впливати на зазначену безпеку, активно втручаючись у локалізацію наслідків відмов технічної частини складної полієргатичної, цілеспрямованої, організаційної та активної авіаційної транспортної системи [3], все більше уваги приділяється вченими та фахівцями питанням початкової професійної підготовки, (ПП) оскільки саме на цьому етапі закладається фундамент майбутнього фахівця.

Актуальність досліджень. Наразі загально визнана позитивна роль авіаційних тренажерів у процесах ПП авіаційного персоналу, насамперед, так званих «операторів переднього краю» (членів льотного екіпажу, диспетчерів обслуговування повітряного руху) [4, 5]. Однак, явно недостатньо уваги приділяється розробці тренажерних засобів для ПП інших категорій авіаційного персоналу, зокрема співробітників ARO (Reporting Office) AIS (Aeronautical Information Service), які грають ключеву роль у забезпеченні льотних екіпажів належною аеронавігаційною інформацією. Враховуючи вплив цієї інформації на БП, усунення вказаного недоліку слід вважати актуальною науково-практичною задачею.

Постановка задачі дослідження. Виходячи з вищенаведеного, метою цього дослідження є формування загально-теоретичного підходу до створення тренажера ПП співробітника ARO AIS.

Результати досліджень. Тренажер, що розробляється, зважаючи на його спеціалізацію, має сприяти:

- 1) послідовному підвищенню загального професійного рівня осіб, які проходять початкове професійне навчання (курсанти, слухачи);
- 2) забезпеченню належного рівня ПП осіб, які проходять переучування чи підвищення кваліфікації.

Тренажер будується за допомогою програмних засобів на базі персонального комп'ютера. Його професійно-методичне наповнення має обов'язково враховувати професіограму і умови праці співробітника ARO AIS, а також схему циркуляції відповідної аеронавігаційної інформації (рис. 1).

Виходячи з зазначеного структурна схема тренажера уявляється нами так, як це подано на рис. 2. Складові модулі були включені в загальну структурну схему тренажера, виходячи з наступних міркувань:

модуль 1: забезпечує користувачів нормативними документами, що регламентують отримання та розповсюдження аеронавігаційної інформації [7-9 та ін.];

модуль 2: сприяє теоретичній підготовці та забезпечує перевірку перевірки теоретичних знань випробуваних за допомогою тестових завдань, які мають належний рівень надійності та валідності;

модуль 3: формування професійних навичок має відбуватися в процесі професійної підготовки співробітників ARO AIS відповідно до прийнятої у ЦА методики навчання «від простого до складного» [10];

модуль 4: забезпечує можливість безперервного моніторингу, аналізу та корегування можливих помилок за допомогою методу фреймів, які пройшли добру

апробацію при проведенні тренажерної підготовки диспетчерів обслуговування повітряного руху [11, 12].

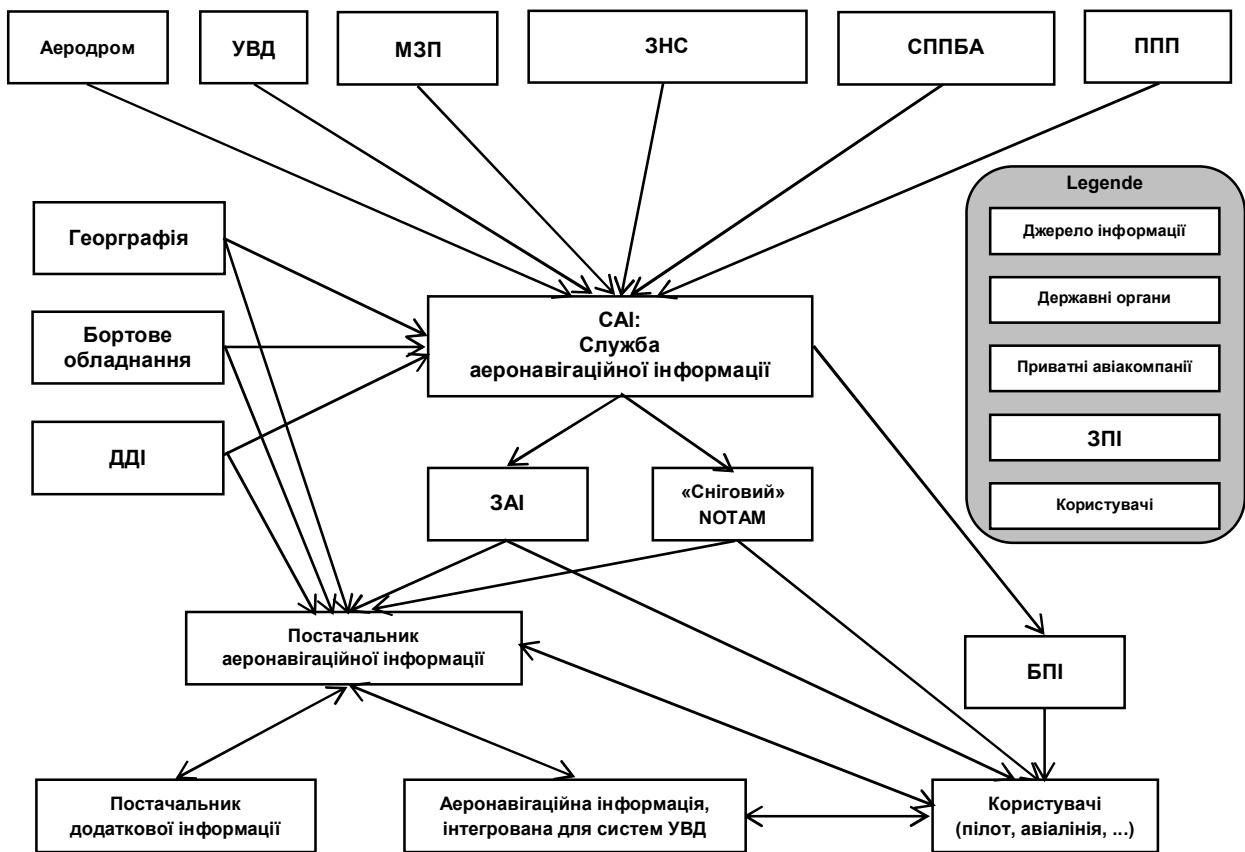


Рисунок 1 – Схема забезпечення льотних екіпажів аеронавігаційною інформацією: УПР – управління повітряним рухом; МЗП – метеорологічне забезпечення польотів; ЗНС – зв'язок, навігація, спостереження; СПБА – служби порятунку та пожежна бригада аеропорту; ППП – процедури та повітряний простір; ДДІ – додаткові джерела інформації; ЗАІ – збірник аеронавігаційної інформації (AIP); БПІ – бюлетень передполітної інформації; ЗПІ – засоби подання інформації

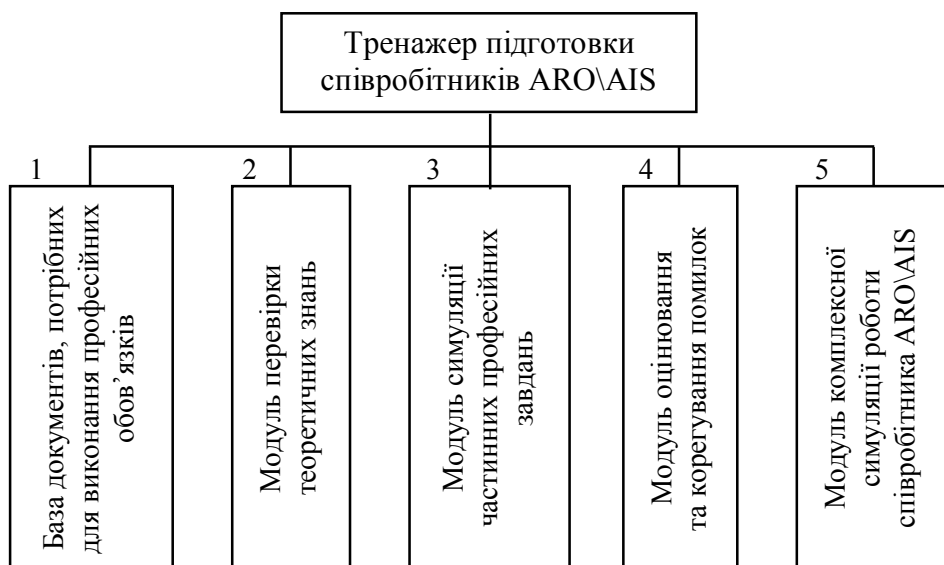


Рисунок 2 – Структура тренажера професійної підготовки співробітників ARO\AIS

модуль 5: має призначення моделювати та симулювати усі процеси, що відбуваються під час забезпечення льотних екіпажів належною аеронавігаційною інформацією відповідно до схеми на рис. 1.

Вважаємо також за необхідне передбачити в структурі тренажера дружній інтерфейс, що дозволить надавати тому, хто тренується, підказку та забезпечить відповідний зворотній зв'язок.

Висновки. Таким чином, узагальнюючи результати аналітичних наукових досліджень з розробки тренажера ПП співробітників ARO AIS, слід констатувати, що його структурна схема враховує моделювання та симуляцію усіх процесів, що відбуваються в процесі забезпечення льотних екіпажів потрібною для виконання польотів аеронавігаційною інформацією. Подальші дослідження слід проводити з розробки науково-методичного забезпечення процесів моделювання та програмного продукту для симуляції відповідних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фундаментальные концепции человеческого фактора // Человеческий фактор: сб. м-лов № 1. – Циркуляр ИКАО 216 AN / 131. – Монреаль, Канада, 1989. – 34 с.
2. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор: сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
3. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния): монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.
4. Петрухин В. А. Оценка эффективности комплексного авиационного тренажера / М. М. Артемьева, А. В. Петрухин, К. Ю. Цибрий // Компьютерная математика, 2012. – № 2. – С. 135-147.
5. Борсук С. П. Навчальні властивості сучасних тренажерних комплексів для підготовки авіаційних диспетчерів (аналітичний огляд) / С. П. Борсук, С. І. Корж // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013): зб. м-лів V міжнар. наук.-практ. конф. У 2-х т. – Херсон, 28-30 травня 2013 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013. – Т. 2. – С. 6-10.
6. Ганыпин В. Н. Аэронавигационная информация и безопасность полетов / В. Н. Ганыпин, В. А. Русол. – М. : Транспорт, 1991. – 64 с.
7. Обслуживание воздушного движения (Диспетчерское обслуживание воздушного движения, полетно-информационное обслуживание, служба аварийного оповещения): Приложение 11 к Конвенции о международной гражданской авиации. Изд-е тринадцатое. – Монреаль, Канада, июль 2001.
8. Организация воздушного движения: Правила аэронавигационного обслуживания: Doc. ICAO 4444-ATM/501. – Монреаль, Канада, издание пятнадцатое, 2007.
9. Службы аэронавигационной информации: Приложение 15 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Изд-е тринадцатое. – Монреаль, Канада, 2013.
10. Картамышев П. В. Методика летного обучения / П. В. Картамышев, М. В. Игнатович, А. И. Оркин; под ред. П. В. Картамышева. – М. : Транспорт, 1987. – 279 с.
11. 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.: Харківський національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2009. – № 7. – С.182-187.
12. Фрейми інтелектуальної системи аналізу помилок авіадиспетчерів / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, Ш. Ш. Насіров [та ін.] // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Харківський національний аерокосмічний університет М. Є. Жуковського «ХАІ», 2011. – № 6. – С. 102-110.

КОМПЛЕКСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ДОМАГАНЬ СТУДЕНТІВ-ДИСПЕТЧЕРІВ НА КОНТИНУУМІ НОРМИ ЕШЕЛОНУВАННЯ 10 КІЛОМЕТРІВ

Рева О.М. Борсук С.П.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Сучасний процес керування повітряним рухом (КПР) завжди вважався складним і на сьогоднішній день він демонструє тенденції до більшого ускладнення, зумовленого багатьма факторами, зокрема науково-технічним прогресом (НТП). У таких умовах дуже актуальним стає питання профілактики авіаційних пригод (АП) за людським чинником (ЛЧ) шляхом формування високого рівня професійної підготовки (ПП) персоналу, зокрема авіаційних операторів «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д) і пілотів), які безпосередньо впливають на безпеку польотів (БП). Зрозуміло, що найбільш ефективною при цьому є початкова ПП майбутніх пілотів чи А/Д, де закладаються основи професійної надійності.

Актуальність. У зв'язку з глобальним збільшенням обсягів повітряних перевезень, постійно суворішають норми ешелонування повітряного простору (НЕПП). Тому виявлення ставлення А/Д до порушення таких норм є актуальним напрямом досліджень. Причому проведення відповідних досліджень має бути організованим з позиції реалізації основних концепцій БП, сформульованих ІКАО [1; 2]. Вкажемо, що із спектра положень формуючих зазначену концепцію, особливу увагу викликає позиція «відношення співробітників авіаційних організацій до небезпечних дій або умов», котра на наш погляд сприяє позитивній реалізації інших положень концепції з позиції ЛЧ. З широкого спектру досліджень щодо ЛЧ нами було обрано вивчення рівня домагань (РД) [3, 4] А/Д на характеристиках та показниках професійної діяльності, оскільки РД вважається одним із фундаментальних і стабільних структурних утворень особистості і сприяє її адекватній самооцінці, що особливо важливо з позицій забезпечення БП. При цьому, враховуючи [5-7] в контексті наших досліджень під РД розумітимемо відстань між ПС в межах континууму НЕПП, яка відповідає максимальному приросту корисності (бажаності) в уяві А/Д.

Постанова завдання. Зважаючи на вищезазначене, метою цієї публікації є визначення РД студентів-А/Д за умов порушення повітряними судами (ПС) НЕПП.

Результати досліджень з визначення РД студентів-А/Д. До досліджень були залучені 129 студентів-А/Д 4-го - 5-го курсів Національного авіаційного університету (м. Київ) та Кіровоградської льотній академії. Кожному випробуваному було запропоновано, користуючись шкалою [-100, +100], визначити рівень задоволення (бажаності, корисності, прийнятності) континууму НЕПП $S=10 \text{ km}$ із кроком у один кілометр (рис. 1). При цьому слід зазначити, що досліджувана НЕПП $S=10 \text{ km}$ стосується наступних умов виконання польотів ПС:

1) відстань між ПС, що прямують одним маршрутом та на одному ешелоні в диспетчерському районі APP (Approach Control – диспетчерське обслуговування заходу на посадку (ЗП) ТМА (Terminal Control Area, – вузловий диспетчерський район) з використанням автоматизованої системи (АС) управління повітряним рухом (УПР) (за виключенням сегментів ЗП);

2) повздовжній інтервал між ПС у сегментах ЗП та на етапах зльоту середнього ПС (М) за тяжким ПС (Н) та легкого ПС (L) за середнім ПС (М) (в границях диспетчерської зони СТР на висотах польоту 1700 метрів та нижче);

3) боковий інтервал між ПС у диспетчерських районах (СТА, ТМА) при перетині ешелону на попутних треках і в момент перетину ешелону (без урахування повздовжнього інтервалу) за умов відсутності сходження треків;

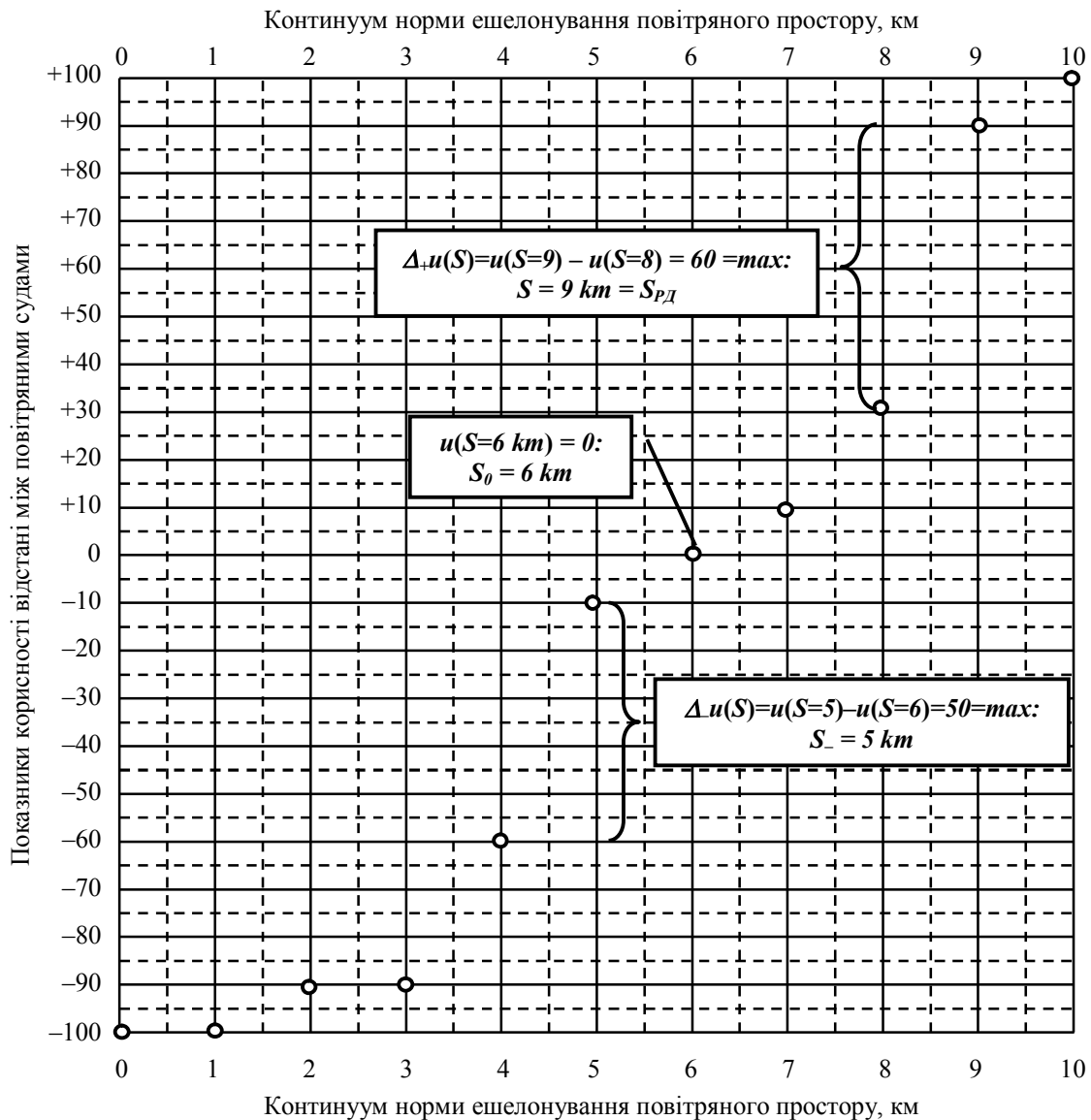


Рисунок 1 – Парадигма побудови студентом-авіадиспетчером Н. оціночної функції корисності відстані між повітряними судами у межах досліджуваної норми ешелонування $S = 10$ км

4) повздовжній інтервал між ПС у диспетчерських районах ТМА при перетині ешелону на попутних треках при використанні АС УПР, та в момент перетину ешелону за умов відсутності сходження треків.

Обробка експериментальних даних проводилася в такий спосіб:

по-перше, для кожної сусідньої пари відстаней було знайдено різницю рівнів задоволення (корисності, прийнятності, бажаності), яка характеризує його динаміку;

по-друге, для кожного опитуваного було виділено максимальне значення зазначеної різниці, яка й відповідає шуканому РД;

по-третє, якщо значення максимальної різниці було єдиним, воно приймалося як остаточний результат;

по-четверте, якщо біло виявлено кілька максимальних різниць приросту корисності відстаней між ПС, то обиралося середнє значення, у іншому випадку обиралося найбільше.

Рис. 2 ілюструє динаміку росту бажаності відстаней між ПС у межах НЕПІ.

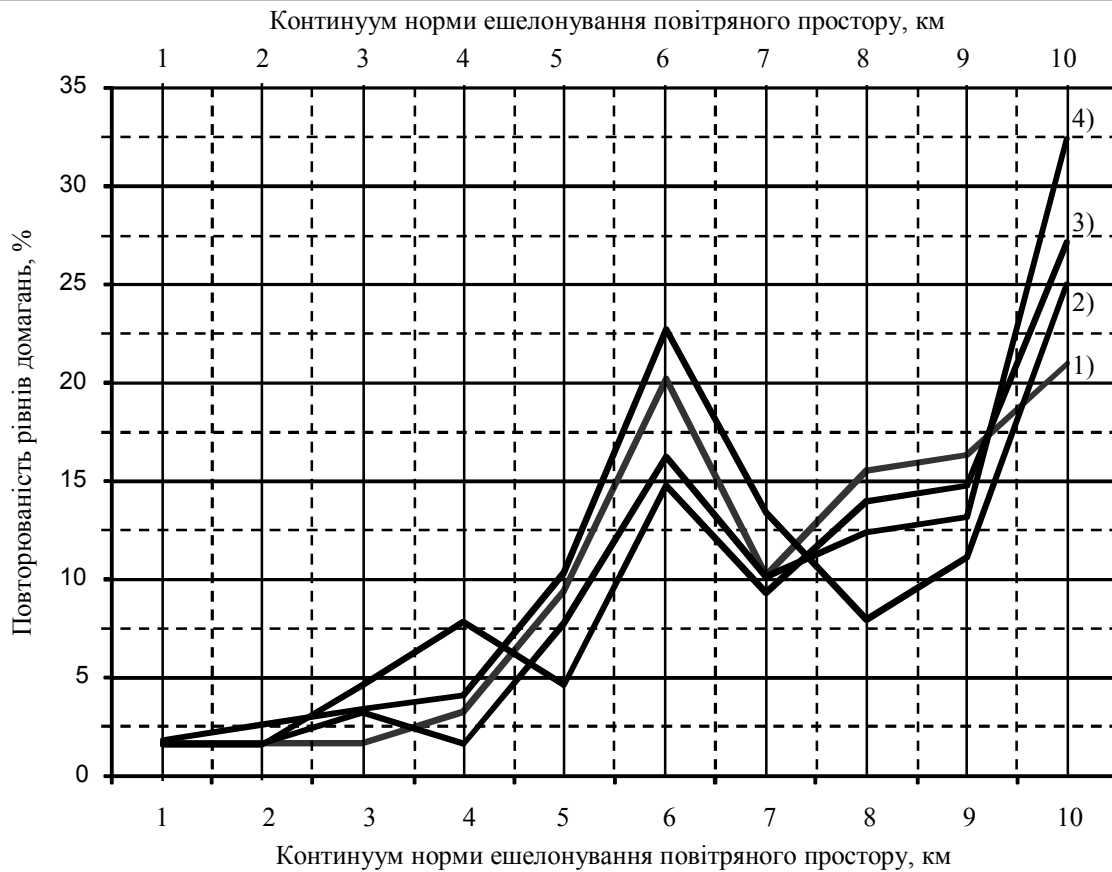


Рисунок 2 – Динаміка рівнів домагань студентів-авіадиспетчерів на нормі ешелонування повітряного простору $S=10\text{ km}$: 1) – 4) – полігони частот, що відповідають різним умовам взаємного розташування повітряних суден у просторі середовища

З аналізу результатів експерименту на рис. 2 видно, що існує декілька закономірностей, які очевидні з огляду на отримані графіки полігонів частот. Перша закономірність полягає у тому, що виявлено явне існування на континуумі досліджуваної НЕПП двох пікових точок, локальної (lokal) та глобальної (global), для кожної з вищеперелічених умов взаємного розташування ПС. Друга закономірність пов'язана з тим, що для усіх чотирьох умов і локальні пікові точки, і глобальні пікові точки мають однакові відстані між ПС, відповідно, $S_{lok} = 6\text{ km}$ та $S_{glob} = 10\text{ km}$. Звичайно, локальні пікові точки менші за глобальні в межах досліджуваної НЕПП. Третя закономірність – це зростання кількості виявлених частот РД до локальної пікової точки, спадання після неї та знову зростання до самої границі НЕПП. Слід зазначити, що саме такий аналіз оціночних функцій корисності запропонований нами вперше.

Висновки. Таким чином, виходячи з отриманих і поданих нових наукових результатів, зосередимо увагу на таких найбільш важливих положеннях. Уперше досліджені РД студентів-А/Д для усіх чотирьох умов застосування НЕПП $S_{glob} = 10\text{ km}$. Отримані результати дозволяють стверджувати, що студенти-А/Д розрізняють корисність кожної відстані між ПС, незалежно від напрямку ешелонування у горизонтальній площині.

На полігонах частот РД виявлені три закономірності, насамперед, локальна та глобальна пікові точки, однакові для усіх отриманих діапазонів даних, що дозволяє зробити висновки про невід'ємне існування в уяві випробуваних концептуально-когнітивної моделі, пов'язаної із зазначеними НЕПП.

Зростання і частот і абсолютних величин РД пояснюється прагненням все ж більшості студентів-А/Д забезпечити належний рівень БП, враховуючи особистісний рівень ПП.

Подальші дослідження слід проводити шляхом, як більш суворого статистичного аналізу експериментальних данихго, так і порівняння отриманих результатів з РД студентів-А/Д, які слід виявити на інших НЕППі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зиньковская С. М. Понимание концепции управления безопасностью полетов и концепция риска [Текст] / С. М. Зиньковская // Актуальные вопросы психологии в области человеческого фактора : м-лы второй междуна. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 20-22 марта 2008 г. / ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т»; ГОУ ВПО «Урал. ин-т гос. противопож. службы». – Екатеринбург, 2008. – С. 3-8.
2. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. – Монреаль, Канада, 2013.
3. Норпе F. Erfolg and Misserfolg / F. Норпе // Psychol. Forsch, 1930, Bd. 14, p. 162.
4. Уровень притязаний / К. Левин, Т. Дембо, Л. Фестингер, П. Сирс // Психология личности: тексты. – М. : МГУ, 1982. – С. 86-92.
5. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений: пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса / Ю. Козелецкий; под ред. Б. В. Бирюкова. – М.: Мир, 1979. – 504 с.
6. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К.М. Тумышев. – Алматы, 2006.– 242 с.
7. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО / А. Н. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров [и др.] // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : 4-та Всеукр. наук.-практ. конф. – Херсон, 9-11 жовтня 2013 р., – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013. – С. 334-338..

РОЗРОБКА МЕТОДА АГРЕГОВАНОЇ ОЦІНКИ СТАВЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ ДО РИЗИКУ

Рева О.М., Борсук С.П.

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),

Мухтаров П.Ш., Мирзоев Б.М.

Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS
(Азербайджанська Республіка, м. Баку)

Вступ. Позитивний прогноз розвитку повітряних перевезень [1] ІКАО однозначно асоціює з необхідністю забезпечення належного рівня безпеки польотів (БП) на усіх рівнях та в усіх ланках функціонування світової цивільної авіації (ЦА) [2]. При цьому у межах поточної парадигми БП встановлено сім положень, що утворюють цю парадигму [3; 4]. Нашими дослідженнями [5-9 та ін.], враховуючи вплив людського чинника (ЛЧ) на БП [10; 11] доведено, що провідним з них є «ставлення співробітників організацій до небезпечних дій або умов», що дозволяє розглядати інші положення через призму зазначеного. Виявлення вказаного «ставлення» сприятиме забезпеченню ефективного управління БП (УБП) за ЛЧ, однак воно має відбуватися «за характеристиками» [4; 12].

Актуальність. В якості вищезазначених «характеристик» ІКАО рекомендує застосовувати якісні показники небезпеки (серйозності) і частоти погроз. Їх сполучення застосовується для розв'язання так званого «трикутника ризиків», який рекомендовано застосовувати під час реалізації задач УБП [4]. Однак, відповідні рекомендації, по-перше, не мають наукового обґрунтування, по-друге, мають суттєву невизначеність, по-третє, малозрозумілі користувачам, оскільки у пропонованому ІКАО рішенні «трикутника ризиків» відсутні фізичні показники вимірів частоти і небезпеки погроз; по-четверте, немає рекомендацій щодо отримання інтегральної оцінки небезпеки (ризик) [13-15], якій і лише якій притаманна системна властивість емерджентності.

Постановка задачі. Виходячи з вищенаведеного та враховуючи, що професійна діяльність авіаційних операторів «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д, пілотів – членів льотного екіпажу) може розглядатися як безперервний ланцюг прийняття рішень (ПР), що виробляються та реалізуються у явних та неявних формах та під впливом спектру різноманітних чинників, метою нашого дослідження є розробка метода інтегральної оцінки ступеня ризику (небезпеки) погрози порушення норм ешелонування повітряного простору. В якості відповідних частинних «характеристик» вважаємо доцільним прийняти:

1) основну домінанту ПР (ОДПР) в умовах ризику, яка визначається шляхом побудови та аналізу оціночної функції корисності (ОФК) нормативної відстані між повітряними судами (ПС) за обмеженим кількістю точок (закрита задача ПР (ЗПР)). ОДПР визначає схильність, несхильність, байдужість до ризику, є складовою моделі проблемної ситуації, що розв'язуються А/Д під час безпосереднього управління повітряним рухом (УПР) і є показником мотивації на досягнення успіху чи запобігання невдачі [7; 11; 12; 14; 16];

2) рівень домагань (РД) авіадиспетчерів (А/Д), який визначається шляхом побудови та аналізу ОФК нормативної відстані між ПС за формально необмеженим числом точок (відкрита ЗПР). Під РД відповідно до [8; 11; 17; 18] розумітимемо точку на шкалі об'єктивних успіхів професійної діяльності, яка відповідає максимальному стрибку корисності (бажаності, прийнятності) в уяві А/Д. Під час розслідування авіаційних пригод (АП) встановлено, що показник РД найкращим чином характеризує направленість особистості та адекватність її самооцінки [19];

3) нечіткі моделі ставлення А/Д до порушення норм ешелонування, що будуються, спираючись на якісні критерії ІКАО, як функції належності терм- множини лінгвістичної змінної (ЛЗ) «рівень небезпеки (РН)» на континуумі норми ешелонування [6; 9; 15 та ін.]:

$$T^M(PH) = \overset{K}{\text{катастрофічний}} + \overset{НБ}{\text{небезпечний}} + \overset{С}{\text{суттєвий}} + \overset{НЗ}{\text{незначний}} + \overset{М}{\text{мізерний}}, \quad (1)$$

Де «+» – позначка логічного поєднання термів у шкалу небезпеки.

Розробка метода агрегації частинних оцінок ставлення А/Д до ризику.

Ілюстрацію розроблюваного методі здійнимо на показнику норми ешелонування $S_n=20$ km, що встановлюється для літаків, які летять на одному рівні (ешелоні) встановленими маршрутами обслуговування повітряного руху (ОПР) в диспетчерських районах АСС (Area Control Center - районний диспетчерський центр), АРР (Approach Control – диспетчерське обслуговування заходу на посадку (ЗП)).

До досліджень було залучено 70 професійних А/Д – співробітників аеронавігаційної системи Азербайджанської Республіки, а також 134 курсантів (студентів) – А/Д, які навчаються в Кіровоградській льотній академії та Національному авіаційному університеті. У цій публікації розглядаються результати експериментів з професійними А/Д. Отже, якщо йдеться про закрити ЗПР, то ОФК будується згідно спеціальної процедури за обмеженою кількістю точок – п'ятьма, які мають відповідні значення корисності (бажаності, прийнятності): $S_0, S_{0,25}, S_{0,5}, S_{0,75}, S_1$, де S_0 відповідає відстані між ПС $S_0=0$ km, коли катастрофа неминуча. Природньо, що така відстань має мінімальну корисність, яка вимірюється у шкалі $u(S)=[0, 1]$:

$$u(S_0=0 \text{ km})=0 \quad (2)$$

В той же час, якщо відстань між ПС не менше нормативної ($S \geq S_1=20$ km), то в такому випадку забезпечується належний рівень БП і вказана відстань має абсолютну корисність (бажаність, прийнятність) у прийнятій шкалі:

$$u(S_1 \geq S_n=20 \text{ km})=1. \quad (3)$$

Дослідженнями [11; 18] доведено, що аргумент ОФК з корисністю 0,75 еквівалентний РД А/Д, тому його й приймаємо за основу при визначенні показника ризику:

$$R_{\text{ОДПР}} = \frac{S_{0,75}}{S_n}. \quad (4)$$

Для уточнення показника (4) беремо до уваги значення $S_{\text{РД}}$, отримане з аналізу ОФК, що будуються відповідно спеціальної процедури за формально необмеженою кількістю точок для відкритої ЗПР. Тоді будемо мати такий показник ставлення до ризику:

$$R_{\text{РД}} = \frac{S_{\text{РД}}}{S_n}. \quad (5)$$

Якщо звернутися до шкали РН (1), то зрозуміло, що з точки зору забезпечення належного рівня БП є прийнятними незначний на мізерний РН. Тоді аргумент точки перетину ФН сусідніх термів «суттєвий РН» і «незначний РН» встановлює на континуумі норми ешелонування $S_n=20$ km такий показник ставлення до ризику:

$$R_{\text{НЗ}} = \frac{S_{\text{НЗ}}}{S_n}. \quad (5)$$

Зрозуміло, що чим більше показники $R_{\text{ОДПР}}, R_{\text{РД}}, R_{\text{НЗ}}$, тим більш негативно ставиться А/Д до порушення норм ешелонування повітряного простору. Тому зазначені показники характеризують його надійність, яка змінюється у межах $R=[0, 1]$. Ступінь ненадійності, тобто ризикованості частинних показників, що розглядаються, визначається так:

$$\begin{cases} \bar{R}_{\text{ОДПР}} = 1 - R_{\text{ОДПР}} = 1 - \frac{S_{0,75}}{S_n} \\ \bar{R}_{\text{РД}} = 1 - R_{\text{РД}} = 1 - \frac{S_{\text{РД}}}{S_n} \\ \bar{R}_{\text{НЗ}} = 1 - R_{\text{НЗ}} = 1 - \frac{S_{\text{НЗ}}}{S_n} \end{cases}. \quad (6)$$

Враховуючи досвід досліджень [13; 14; 15; 20; 21], узагальнений показник уникнення небезпек отримуємо, спираючись на мультиплікативну функцію бажаності Харрінгтона, яка в контексті наших досліджень має такий вид:

$$R = \sqrt[3]{R_{\text{ОДПР}} \cdot R_{\text{РД}} \cdot R_{\text{НЗ}}} = \sqrt[3]{\frac{S_{\text{ОДПР}}}{S_n} \cdot \frac{S_{\text{РД}}}{S_n} \cdot \frac{S_{\text{НЗ}}}{S_n}} = \frac{1}{S_n} \sqrt[3]{S_{\text{ОДПР}} \cdot S_{\text{РД}} \cdot S_{\text{НЗ}}} . \quad (7)$$

Формула (7) є кількісним, однозначним, єдиним і універсальним показником досліджуваного РН, а якщо додати ще і такі її властивості, як адекватність, ефективність і статистична чутливість, то стає зрозумілим, що її дійсно можна застосовувати як критерій оптимізації.

Таким чином, виходячи з результатів досліджень ставлення А/Д до порушень норми ешелонування $S_n=20 \text{ km}$, а саме:

- ОДПР А/Д, маємо розрахункове значення $S_{\text{ОДПР}}= 15,867 \text{ km}$;
- РД А/Д, маємо, що $S_{\text{РД}}= 12,57 \text{ km}$;
- нечітких моделей, маємо, що $S_{\text{НЗ}}=12,051 \text{ km}$.

Тоді відповідно до формули (7) отримуємо таке значення агрегованої оцінки ставлення А/Д до порушення досліджуваної норми ешелонування повітряного простору:

$$R = \frac{1}{20} \sqrt[3]{15,867 \cdot 12,57 \cdot 12,051} = 0,67 . \quad (8)$$

Отже, з отриманих результатів витікає, що досвідчені А/Д вважають, що можуть забезпечити належний рівень БП, якщо порушення ешелонування повітряного простору не перевищить $\frac{2}{3}$ його норми.

Висновки. Уперше розроблений і апробований оптимізаційний метод мультиплікативної агрегації частинних показників ставлення А/Д до порушення норми ешелонування повітряного простору. Метод може бути застосований для дослідження усього спектра норм ешелонування, що застосовуються під час ОПР. Щой має бути предметом подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прогноз развития воздушного транспорта до 2025 года: Сир. ICAO 313 – АТ / 134. – Монреаль, Канада, 2007.
2. Глобальный план обеспечения безопасности полетов. – Монреаль , Канада, – июнь 2007.
3. Зиньковская С. М. Понимание концепции управления безопасностью полетов и концепция риска / С. М. Зиньковская // Актуальные вопросы психологии в области человеческого фактора: м-лы второй междуна. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 20-22 марта 2008 г. / ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т»; ГОУ ВПО «Урал. ин-т гос. противопож. службы». – Екатеринбург, 2008. – С. 3-8.
4. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. – Монреаль, Канада, 2013.
5. Рева А. Н. Отношение пилотов к риску в принятии решений при отказе двигателя / А. Н. Рева, М. К. Байжуманов, Н. Р. Садуакасова // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2014): зб. м-лів VI міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 27-29 травня 2014 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2014. – С. 78-81.
6. Рева А. Н. Нечеткая оценка риска нестыковки блоков «человек - процедуры» модели SHELL ИКАО // А. Н. Рева, С. П. Борсук // Интеллектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту : м-ли міжнар. наук. конф., присвяченої пам'яті професора Ф. Б. Рогальського. – с. Залізний Порт Херсонської обл., 28-31 травня 2014 р. – Херсон : ХНТУ, 2014. – С. 153-155.
7. Мухтаров П. Ш. Основные доминанты в принятии решений авиадиспетчером при оценке полезности-безопасности нормы эшелонирования воздушного пространства /

- П. Ш. Мухтаров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – № 9. – С. 143-150.
8. Пілотні оцінки рівнів домагань студентів-пілотів на показниках висоти при відмові авіадвигуна / О. М. Рева, В. А. Шульгін, О. М. Медведенко, Н. Р. Садуакасова // *Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві: м-ли міжнар. наук.-техн. конф., присвяченої 180-річчю Херсонської державної морської академії.* – Херсон, 18-19 вересня 2014 р. – Херсон : ХДМА, 2014. – С. 131-135.
9. Features of ICAO «risk triangle» solution of human factors complicated standards of the airspace separation / A. Reva, B. Mirzayev, P. Mykhtarov, Sh. Nasirov // *Aviation in the XXI-st century: The sixth world congress. Safety in Aviation and Space Technologies,* - September, 23-25, 2014, Kyiv, Ukraine. – К. : NAU, 2014. – P. 9.272-9.276.
10. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // *Человеческий фактор: сборник материалов № 7.* – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. - 76 с.
11. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния): монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006.– 242 с.
12. Проактивне управління ризиками за людським фактором у цивільній авіації / О. М. Рева, С. І. Осадчий, О. М. Медведенко, Ю. М. Фоменко // *Залізничний транспорт України: наук.-практ. ж.,* 2008. – № 6. – С. 54-59.
13. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. - Т.3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
14. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО / А. Н. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров [и др.] // *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: 4-та Всеукр. наук.-практ. конф.* – Херсон, 9-11 жовтня 2013 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013. – С. 334-338.
15. Reva O. Multiplication of Air Accidents Frequency and Hazard Desirability Coefficients for ICAO Safety Risk Tolerability Matrix Solution / Sergey Pavlovich Borsuk, Oleksiy Reva, Volodymyr Kharchenko // *Logistics and Transport,* 2015. - No 1 (25) – P. 63-69.
16. Рева О. М. Модель проблемної ситуації в системах управління повітряним рухом / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Національний аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2008. – № 6. – С. 30-35.
17. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений: пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова. - М. : Прогресс, 1979. - 504 с.
18. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. - № 8 (105). – С. 273-281.
19. Правила медичного розслідування авіаційних подій. Затв. Наказом Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації 05.12.2005, № 919.
20. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 278 с.
21. Камышин В.В. Совершенствование шкалы Харрингтона для интегральной оценки академической одаренности / В.В. Камышин, А.Н. Рева // *Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держа-ви: м-ли Міжн. наук.-практ. конф.,* 26-30 вересня 2013 року, смт. Гаспра, АР Крим. – К. : ІОД, 2013 – С. 23-33.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ДИСПЕТЧЕРА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Рева А.Н.

Кировоградский национальный технический университет (Украина),

Устименко И.М.

ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» филиал «Аэронавигация Центральной Сибири»
(Россия, г. Красноярск)

Вступление. Основополагающей стратегией развития авиатранспортной отрасли России является «Концепция создания и развития аэронавигационной системы России» (АСР). Высокотехнологичное обеспечение полетов, введение в эксплуатацию принципиально новых технологий, бортовых, наземных и космических средств и систем аэронавигации является составной частью Концепции, что создает благоприятные условия интенсивного и безопасного использования воздушного пространства (ВП). Реализация Концепции и обеспечение надлежащего уровня безопасности полетов (БП) органично связано с укрупнением центров управления воздушным движением (УВД), что приводит к автоматическому увеличению численности людей в службе движения (СД) центров УВД (ЦУВД) и требует как совершенствования организационной структуры СД, так и учета человеческого фактора (ЧФ) в процессе их функционирования. При этом, учитывая влияние ЧФ на БП [1], руководителем ФАВТ (Росавиация) А. В. Нерадько на заседании Правительства РФ было заявлено: «В перспективе на 25 лет авиадиспетчер останется основным звеном в принятии решений при аэронавигационном обслуживании полетов. Поэтому в концепции уделено важное внимание снижению риска катастроф по причинам человеческого фактора, решения социальных проблем, адаптации персонала к условиям внедрения новой техники и технологий, которые могут влиять на безопасность полетов ...».

Актуальность исследований. Статистика авиационных происшествий (АП) в мировой гражданской авиации, показывает, что абсолютное их большинство произошло в результате ошибок авиационного персонала [1]. К объективным системным причинам их объяснения в деятельности диспетчеров УВД (ДУВД) относятся большие объемы и высокую интенсивность полетов, несовершенство структуры ВП, отсутствие регулирования потоков воздушных судов (ВС), направленного на устранение перегрузок ВП и секторов УВД, отсутствие бесконфликтных траекторий прилета/вылета ВС.

Наряду с объективными причинами отмечаются серьезные недостатки, связанные с деятельностью руководящего состава службы движения в сфере организации и выполнения превентивного контроля нарушений и недостатков в работе ДУВД, который в соответствии с [2] называют «проактивным». Большая часть инцидентов обусловлена «рутинными», вошедшими в повседневную практику нарушениями, опасными действиями или небрежностью диспетчеров УВД (ДУВД). Эти факторы могут и должны выявляться и проактивно предупреждаться в системе мероприятий по обеспечению БП.

Однако, низкая эффективность превентивного контроля за работой ДУВД, отсутствие учета их психофизиологического состояния, игнорирование нарушений и небрежности в работе приводят к АП, поскольку «тождественные явления, протекающие по определенному закону, должны давать, при прочих равных условиях, одинаковые результаты» [3]. В этих случаях ответственность за АП, наряду с ДУВД, должны нести руководители, организующие и контролирующие работу этих диспетчеров. Поэтому для предупреждения АП следует [4]:

- устранять опасные состояния как первопричины АП;
- опасные состояния должны устраняться путем выявления и профилактики угроз, генерирующих эти состояния;
- угрозы должны выявляться и профилакироваться до того, как приведут к авиационным событиям.

Анализ данных об АП часто показывает, что ситуация накануне происшествия «была на грани происшествия», поэтому перерастание указанных обстоятельств в происшествие было лишь вопросом времени. После АП нередко выясняется, что здоровый, квалифицированный, опытный, мотивированный и хорошо оснащенный авиационный персонал совершил ошибки, которые и спровоцировали данное АП. Причем такие ошибки или опасная практика нарушений могла неоднократно повторяться ранее, однако без наступления неблагоприятных последствий.

Таким образом, организация и психофизиологическое сопровождение ДУВД, является актуальной задачей, в том числе важнейшим элементом системы УБП «Госкорпорация по ОрВД» и этот элемент требует всегда особого и приоритетного внимания.

Постановка задачи исследований. Авиационная отрасль традиционно сфокусирована на вопросах анализа профессиональных ролей каждого отдельного авиатора в персональных секторах их деятельности. Однако, с точки зрения обеспечения надлежащего уровня БП нецелесообразно рассматривать отдельно друг от друга кабину экипажа, СД и автомобили, работающие на перронах и рулежных дорожках. Решение проблем, связанных с ЧФ при УВД, прежде всего заключается в согласовании возможностей и ограничений человека с техническими характеристиками и структурой УВД. Таким образом, *целью* наших исследований является изучение работоспособности ДУВД при изменении интенсивности движения потока обслуживаемых им ВС.

Результаты исследований. Определимся, что функциональное состояние ДУВД – это характеристики его функций и свойств, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение профессиональных обязанностей. Иными словами, из всех функций диспетчера, как оператора сложной, полиэргатической, целеустремленной, активной и организационной системы управления выделяются именно те, которые сказываются на качестве деятельности, которая имеет установленные фазы работоспособности (рис. 1).



Рисунок 1 – Чередование фаз эффективности деятельности авиадиспетчера

В связи с вероятностью возникновения в процессе УВД экстремальных ситуаций, вызывающих повышенную эмоциональную напряженность авиадиспетчера, встает вопрос о требованиях к его эмоционально-волевой сфере. Составная часть этих требований – эмоциональная устойчивость (устойчивость к стрессу), то есть его индивидуальная способность переносить большие психические нагрузки, определяемая как личностными факторами (направленность, мотивация), так и особенностями нервной системы и эмоциональной реактивностью. Поэтому профессиональная подготовка (ПП) ДУВД к действиям при непосредственном УВД, в современных условиях неразрывно связана с формированием у него стереотипов, повышающих его эмоциональную устойчивость. Данные стереотипы мы определяем через оценку коэффициента загруженности диспетчера районного центра (РЦ) единой системы (ЕС) организации воздушного движения (ОрВД).

В експерименте участвовали добровольцы с различным опытом работы в службе УВД, разной квалификации. Эксперимент проводился на тренажерном модуле ПП ДУВД. Тренажерное упражнение учитывало реальное движение ВС в зоне РЦ ЕС ОрВД, имело продолжительность в 1 час и учитывало вводные по изменению ВС высот полета, догон более скоростным ВС менее скоростного, движение ВС по пересекающимся воздушным трассам, запросы ВС метеоусловий на аэродромах назначения и запасных, обход ВС опасных метеоявлений на маршруте полета, встречное движение ВС, особый случай в полете – пожар на ВС с невозможностью последнего следовать до аэродрома назначения. Ввод в программу особого случая в полете был произведен с целью компенсации у испытуемого разницы между УВД на симуляторе и УВД в реальности. Кроме этого к испытуемому подключался медицинский прибор «Оксиметр Пульсовой», который фиксировал данные о частоте пульса испытуемого и количеству насыщения его крови кислородом (SpO_2) в единицу времени. Реализации упражнения осуществлялась с постоянно возрастающей интенсивностью и плотностью движения ВС до тех пор, пока диспетчер не «ломался», то есть не допускал возникновения инцидента или АП.

На последних этапах эксперимента стало практически ясно, что в процессе своей непосредственной деятельности, при постоянном вводе данных заставляющих его решать алгоритмы задач по УВД авиадиспетчер испытывает чрезмерные моральные, эмоциональные и физиологические нагрузки. Средние значения данных о психофизиологическом состоянии диспетчера УВД зафиксированных в ходе эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Средние значения данных о психофизиологическом состоянии диспетчера управления воздушным движением

<i>T, мин</i>	<i>Кол-во ВС</i>	<i>Q</i>	<i>Fd</i>	<i>Fh</i>	<i>SpO2</i>	<i>Эмоциональное и физическое состояние по внешним признакам</i>	<i>P</i>	<i>H</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
00	00	00	73	75	0,987	Тщательная подготовка к работе. Концентрация внимания. Небольшая взволнованность.	33,8	11,4
01	01	00	73	75	0,987			
02	02	01	73	75	0,985			
04	03	01	73	75	0,985			
06	04	1,57	74	75	0,984	Ухудшение концентрация внимания, отсутствие реакции на внешние раздражители		
07	05	2,28	74	75	0,984			
09	06	3,21	74	76	0,982	Повышение громкости голоса. Увеличение скорости речи. Увеличение скорости выполнения технологических операций.		
10	07	3,42	75	77	0,977			
11	08	3,78	76	78	0,975			
13	09	3,64	77	78	0,975			
15	10	3,86	77	79	0,975			
17	11	4,64	78	80	0,972	Потоотделение.		
20	12	4,57	79	81	0,971			
21	13	5,14	79	81	0,968	Возрастание возбуждения		
23	14	5,07	80	82	0,967			
24	15	4,92	81	83	0,966	Выдача сокращенных команд, граничащих с нарушением правил ведения ФРО с целью уменьшить за укороченное время количество ПКС в зоне ответственности.		
26	16	4,85	82	85	0,965			
27	17	5,42	83	85	0,963			
28	18	5,42	83	86	0,960			

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	19	4,57	83	87	0,960			
31	20	4,85	86	89	0,960			
33	21	4,35	86	89	0,952	Появление дрожи в голосе.		
34	20	4,14	86	89	0,953			
35	19	3,93	87	90	0,952			
37	19	3,71	87	91	0,952			
39	18	3,21	89	91	0,952			
40	18	4,28	91	97	0,950			
41	19	4,57	93	98	0,949	Ошибки при УВД. Неправильный прием информации от ВС, смежных ДП		
43	20	5,00	93	100	0,944			
44	20	5,57	94	100	0,942			
45	21	5,28	97	101	0,942	Явное проявление чувств неуверенности за принятые решения и отданные команды ЭВС		
47	23	5,14	98	103	0,942			
48	24	4,71	98	105	0,942			
50	25	4,14	98	106	0,941	Ослабление скорости речи, ослабление концентрации внимания, отвлечение на внешние раздражители без ранжирования приоритетов.		
51	26	4,42	100	106	0,942			
52	24	4,85	102	106	0,937	Замедленное решение ПКС		
54	25	5,00	104	108	0,936			
56	27	5,00	106	110	0,936	Нарушение правил продольного и/или бокового эшелонирования ВС (опасное сближение).		
57	27	4,35	105	110	0,936			
58	25	4,00	100	107	0,938			
60	23	4,64	99	106	0,947	Раздраженность, отдышка.		

ПРИМЕЧАНИЕ: Q – среднее количество остающихся для решения потенциально конфликтных ситуаций;
Fd – средние значения нижнего предела частоты пульса у участников эксперимента; Fh – средние значения верхнего предела частоты пульса у участников эксперимента; SpO₂ – средние значения насыщения крови кислородом у участников эксперимента; P – средний возраст участников эксперимента; H – средний стаж работы участников эксперимента.

В ходе эксперимента выявлено существенное влияние опыта работы и возраста на эффективность их деятельности. При этом ДУВД с большим опытом работы, но уже преклонного возраста с большей уверенностью решали потенциально-конфликтные ситуации (ПКС) в начале эксперимента, но при высокой интенсивности воздушного движения (ИВД) чаще испытывали умственное утомление, как и ДУВД возраста 25–27 лет с небольшим опытом работы. Наибольшие положительные показатели проявились у ДУВД возраста 31–35 лет. Они предугадывали ПКС, принимали более гибкие решения и обладали достаточным опытом работы за каналом. Это подтвердило наличие у них достаточной выносливости, то есть менее утомляемы в процессе решения задач в практическом УВД, что затягивало наступление фазы «срыва», характеризующейся резким падением работоспособности, невозможностью продолжения эффективной работы из-за потери ориентации в воздушной обстановке.

Накопление ИВД способствует изменению такого важного для ДУВД качества, как внимание – от полной сосредоточенности и ясного представления текущей и прогнозируемой обстановки до рассеянности или даже возникновения стресса. Устойчивость психологической системы при деятельности ДУВД в различных условиях работы объективно находит отражение в изменении внутренних параметров психофизиологических процессов, в частности, в характере изменения их взаимодействия.

Выводы. В результате исследований определено, что оптимальный возраст диспетчеров, обеспечивающих надлежащую надежность непосредственного УВД при высокой ИВД, существенно повышающей их умственные нагрузки, то есть обладающего (с позиций кибернетического подхода [5]) информационной движущей логикой (ИДЛ) с высокой пропускной способностью, составляет 33 ± 2 года, а наличие опыта работы по непосредственному УВД от 10 лет и выше. В дальнейшем, основываясь на результатах эксперимента, мы попробуем определить смысловую мощность и интеллектуальный труд, вложенный диспетчером при УВД, с целью определения его физиологического предела по пропускной способности зрительного канала, что поможет в развитии результатов работ [6; 7], применять предлагаемый нами метод в оценке эффективности функционирования таких социотехнических систем, как официальные авиационные структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах [Текст] // Человеческий фактор : Сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
2. Human Factors Module - A Business Case for Human Factors Investment // EUROCONTROL – HUM.ET1.ST13.4000-REP-02 / 13.12.1999.
3. Чижевский А. Л. Физические факторы исторического процесса [Текст] / А. Л. Чижевский. – Калуга : 1-я Госполитография, 1924. – 76 с.
4. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. – Монреаль, Канада, 2013.
5. Денисов А. А. Теория больших систем управления / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников : учеб. пособ. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 238 с.
6. Рева О. М. Оцінка структурної ефективності служби руху (на прикладі Красноярського центра обслуговування повітряного руху) [Текст] / О. М. Рева, В. І. Вдовиченко, І. М. Устименко // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 10. – С. 176-186.
7. Рева А. Н. Эффективность организации коммуникаций в системе аэронавигационного обслуживания полетов (на примере Красноярского центра обслуживания воздушного движения) / А. Н. Рева, И. М. Устименко, В. Н. Колтаков // Авиационно-космическая техника и технология: науч.-техн. ж. – Х. : Национальный аерокосмический университет им. М. Е. Жуковского «ХАИ», 2013. – № 7. – С. 215-226.

ОСОБЕННОСТИ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ РАБОТЫ В МОРЕ: БЕГ И ЕГО АСПЕКТЫ

Трутовский Г.И.

Киевская государственная академия водного транспорта
имени гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
(Украина)

Вступление. Проблема исследования обусловливается необходимостью разработки активных методов современной прикладной физической подготовки взрослого человека для работы в море из-за негативных влияния аспектов научно-технического прогресса, изменений в социально-экономической, производственной, гигиенической среде, а также избыточного увлечения работой на компьютере. Для формирования общей культуры взрослого человека физическая культура выступает как основной базовый компонент. Из-за избыточного увлечения компьютеризованной жизнью значительная часть населения старшего поколения заметно теряет самую главную ценность человека – здоровье. Сегодня в высших учебных заведениях этому производится подготовкой специалистов нового направления – валеология, где кроме общеизвестных форм осваиваются и такие формы физической культуры как прикладная физическая подготовка, рекреация и реабилитация.

Анализ исследований и публикаций дает важные данные о сущности современной системы физического воспитания и вопросах физической и психолого-физической реабилитации взрослого человека, которые в настоящее время имеют в своей основе приоритетную оздоровительную, профессионально прикладную и экологическую направленность [1, 2, 3, 4].

Цель статьи заключается в освещении вопроса научного обоснования и практических рекомендаций относительно изучения методов оздоровительной физической культуры, реабилитации и снятия физической усталости моряков после возвращения из рейса на основе использования оздоровительного бега и его аспектов.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть роль физических упражнений в жизнедеятельности организма и факторы, которые влияют на взрослых людей.
2. Определить вековые особенности разных периодов жизни взрослого человека и составные факторы физической культуры и спорта для этой категории людей.
3. Разработать методы и содержание занятий на основе опыта оздоровительного бега.

Изложение основного материала исследования. В литературе последних лет много говорится об уровне и значении двигательной активности, необходимых для нормальной жизнедеятельности людей в разные вековые периоды [5]. Относительно нормы двигательной активности взрослых людей существует несколько точек зрения. Соответственно, с одной точки зрения, взрослый человек должен ежедневно тратить на мускульную работу 1200–1300 Ккл., что обеспечивает нормальное функционирование организма и необходимую работоспособность. Если физическая активность меньше нормы, возникает своеобразный «дефицит» мускульной деятельности, тогда нужно компенсировать это за счет включения специальных оздоровительных занятий физическими упражнениями.

Такой подход привлек внимание специалистов по физической культуре в силу своей возможности определения «дефицита» двигательной активности у людей разных возрастных групп. При этом допускался разный дефицит двигательной активности, который рассматривался как привычное значение по объему оздоровительных занятий физической культурой.

Правильно организованные оздоровительные занятия сопровождаются позитивными эмоциями, которые образуют наилучший фон для деятельности сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и других жизненно важных систем. Для правильной оценки влияния возможных эмоций во время занятий оздоровительной физкультурой следует учитывать возраст занимающихся людей, особенности их функционального состояния сердечно-сосудистой системы, наличие вековых сосудистых дефектов, при которых противопоказана значительная эмоциональная нагрузка [6].

Систематические оздоровительные физические упражнения улучшают нервную регуляцию относительно дыхательной системы, способствуют повышению окислительно-восстановительных процессов за счет более полноценной утилизации кислорода. Это обеспечивается увеличением глубины дыхания, выработкой более полноценного его ритма, использованием вспомогательных дыхательных механизмов, насыщением артериальной крови кислородом.

Указанные положения имеют важное значение для лиц старшего возраста, которые после длительного похода вернулись домой на берег, поскольку последующее рациональное использование оздоровительной физической культуры является биологическим стимулятором позитивных реакций и последующей реабилитацией. А избыточное дозирование приводит в первую очередь к нарушениям деятельности сердечно-сосудистой системы, которая является основным лимитирующим звеном в дозировании физических упражнений.

В старшем возрасте можно и даже нужно заниматься разнообразными видами физической активности и в первую очередь следует делать утреннюю зарядку.

Люди данного возраста должны заниматься зарядкой ежедневно 12–15 минут, лучше всего в проветренной комнате или на свежем воздухе, если это позволяет погода. В комплекс обычно включается 10–12 упражнений для разных групп мышц.

К рекомендуемому комплексу утренней гимнастики входят такие упражнения:

1. Исходное положение (И.п.) – руки вниз вдоль туловища, ноги на ширине плеч. На счет 1–2 руки поднять вверх ладонями наружу, потянуться – вдох, 3 – опустить руки вниз и описать ими круг – выдох, 4 – вернуться в И.п. Повторить 4 – 6 раз в среднем темпе.

2. И.п. – руки на поясе, ноги врознь, 1 – 2 поворачивать налево, руки в стороны – вдох; 3–4 – вернуться в в.п. – выдох; 5–6 – также во вторую сторону, 4–5 раз в медленном темпе.

3. И.п. – руки вдоль туловища, ноги на ширине плеч. 1–2 – присесть, не отрывая пяток от пола, немного наклониться вперед и отвести руки назад – выдох; 3–4 – вернуться в И.п. Повторить 4–6 раз в медленном темпе.

4. И.п. – 1 – присесть, поставить руки на бедра, – выдох; 2 – вернуться в И.п., – вдох. Повторить 3–4 раза [7].

При выполнении оздоровительных упражнений особенное внимание следует обратить на дыхание. Оно должно быть согласовано с движениями тела человека. При разведении рук в разные стороны и разгибаниях туловища - нужно делать вдох. При сведении рук, наклонах туловища – нужно делать выдох. При выполнении упражнений не задерживать дыхание.

Очень полезные для людей старшего возраста - пешеходные оздоровительные прогулки. Они являются наиболее благоприятными, обычными и доступными признаками физической активности. Темпы ходьбы подбираются индивидуально, в зависимости от самочувствия и физических возможностей каждого человека.

Утренняя пробежка - это наилучший способ отстраниться от состояния сонливости и перейти в бодрое состояние. Но не следует резко вставать с кровати и бежать на стадион. Организм человека старшего возраста не требует насилия над собой. Проснувшись, нужно потянуться, затем медленно встать с кровати, походить несколько минут по комнате, выпить стакан воды.

Рассмотрим ежедневный лечебный оздоровительный бег как одно из средств физического воспитания. Для тех людей, которые имеют время и возможность бегать днем, рекомендуется придерживаться определенных принципов. Перед бегом нужно сделать небольшую разминку (круговые движения руками, туловищем, махи ногами и т.п.) потом 2-3 мин. пройтись ускоренными шагам, настраиваясь на бег. Потом начинать бежать. Темп бега нужно выбирать так чтобы можно было спокойно дышать носом.

Три составляющие, которые тормозят процесс старения организма и способствуют его реконструкции на клеточном уровне это – свободный бег, закаливание и правильное питание.

В первую очередь нужно приучать организм к ежедневным прогулкам на 3–4 километровые расстояния. Лишь тогда, когда чувствуется усталость, нужно начинать медленно бегать.

Энергетические затраты человека зависят от пола, возраста и двигательной активности, связанной с профессиональной деятельностью и способом времяпровождения свободного от работы (спорт, танцы, прогулки, бег, и т.п.).

Вывод. Следовательно – соблюдение здорового образа жизни, двигательная физическая активность, занятие физической культурой и спортом во взрослом, а особенно в старшем возрасте имеет достаточно позитивное влияние на организм человека как в целом, так и на отдельные его части. При этом наблюдается улучшение систем организма в этих категориях людей (сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, нервной системах) и корректируется подолжительность и качество жизни. Этот факт подтверждают разные многолетние исследования и наблюдения ученых разных стран. Позитивные изменения наблюдаются в опорно-двигательном аппарате: совершенствуются кровоснабжение и нервная регуляция мышц, повышается активность ферментов. Люди, которые занимаются физическими упражнениями реже болеют простудными заболеваниями, увеличивают физическую работоспособность, снижают появление усталости, повышают скорость реакций, гибкость, выносливость.

Придерживаясь этих всех вышеперечисленных условий и принципов применения бега, можно к глубокой старости чувствовать себя молодым, здоровым, бодрым, жизнерадостным и надолго забыть дорогу к больнице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мурза В. П. Психолого-фізична реабілітація. Підручник. – К. : Олан, 2005. – 608 с.
2. Мухін В. М. Фізична реабілітація. Підручник для студентів.–К. : Олімпійська л-ра, 2000. – 424 с.
3. Физическая реабилитация. Под общей ред проф. Попова С. Н. Учебник для студентов. – Ростов н/Д. : Феникс, 2005. – 608 с.
4. Демінська Л. А. Фізіологія. Курс лекцій : учб. посібник – Донецьк, 2008. – 117 с.
5. Дутчак М. В. Спорт для всіх в Україні : теорія та практика / М. В. Дутчак – К. : Олімпійська література, 2009. – 279 с.
6. Апанасенко Г. Л., Михайлович С. О. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту : навч. посібник / Ужгород : НУ. – Ужгород, 2004. – 144 с.
7. Радченко Л. В. Особливості фізичного виховання дорослої людини : біг та його аспекти // Здоров'я нації- майбутнє України : Матеріали IV Всеукр. наук. практ. студ. конф. (м. Донецьк, 23 квітня 2009 р.) – Донецьк : ДДІЗФВіС, 2009. – С. 175-178.

ТЕОРЕТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НЕСПРИЯТЛИВИХ ЧИННИКІВ НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ

Шульгін В.А.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна),

Медведенко О.М.

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору

Національної Академії Наук України (Україна, м. Київ)

Насіров Ш.Ш.

Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS
(Азербайджанська Республіка, м. Баку)

Вступ. Наразі загально визнано, що забезпечення належного рівня безпеки польотів (БП) неможливе без врахування в процесі відповідного управління небезпечних (несприятливих) чинників (НЧ) [1]. Особливо важливим є врахування НЧ якщо йдеться про людський чинник (ЛЧ), насамперед, діяльність авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д), членів льотного екіпажу), оскільки вони мають обмежені психофізіологічні можливості і у загальному випадку є носіями потенційних порушень в психічній, психофізіологічній та соціальних сферах [2]. З-за цього виникає певна ненадійність при виконанні стандартних операційних процедур (standard operation procedures, - SOP) під час взаємодії АО з авіаційною технікою (АТ) чи обслуговуванні повітряного руху (ОПР) і, як наслідок, загроза БП. Цю природу АО називають «психофізіологічними небезпечними чинниками польоту» (ПФНЧП) [3].

Актуальність. Безумовно, спектр НЧ є незвичайно широким. Початкова класифікація тільки ПФНЧП містила чотири групи, що об'єднували 42 НЧ та практичні рекомендації їх подолання [4]. Контрольний перелік FSF містить близько 150 небезпечних чинників, структурованих у вісім груп на психологічному, професійному і організаційному рівнях [5]. Останні «кількісні досягнення» налічують вже 1800 чинників. Їх природа у край різномірна і насилу піддається раціональному опису і розрахункам. Загальну класифікацію НЧ ілюструє наочно рис. 1.

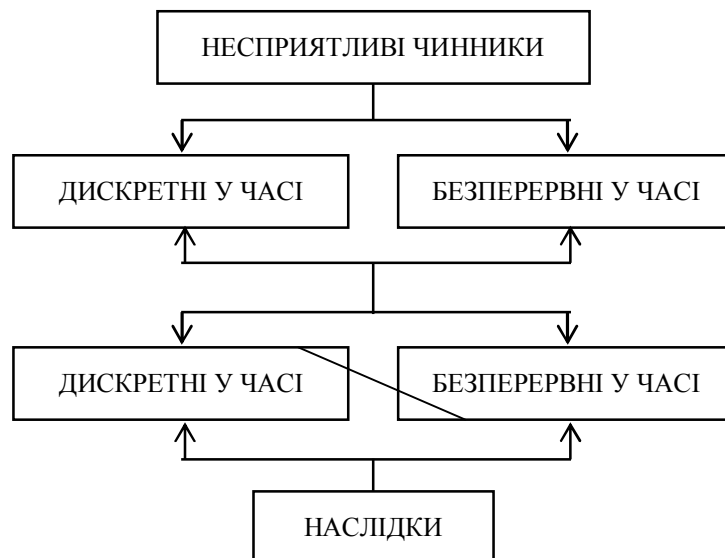


Рисунок 1 – Загальний підхід до класифікації несприятливих чинників польоту

Таким чином, відокремлення з зазначеного переліку ПФНЧП таких, що піддаються, з одного боку, кількісному опису, а, з іншого боку, мають зрозумілий фізичний сенс, є актуальною проблемою проактивної профілактики АП по ЛЧ [6]. З іншого боку, не менш актуальним є моделювання та оцінка впливу НЧ на БП.

Постановка завдання досліджень. Введемо поняття умовної імовірності парирування / не парирування наслідків прояву того чи іншого НЧ r_i (чи $s=1-r_i$), яка характеризує ступінь його небезпеки, а отже, визначає припустиму імовірність появи цього чинника у польоті. Тому, реалізуючи стратегію проактивного забезпечення БП, вже в процесі проектування АТ чи радіотехнічних засобів (РТЗ) ОПР для ряду НЧ (відмови АТ чи РТЗ ОПР, несприятливі погодні умови і т.ін.) необхідно знати r_i , щоби раціонально сформулювати вимоги до надійності технічних пристроїв літака, складу обладнання, особливостей прояву ЛЧ тощо. Для визначення умовної імовірності усунення наслідків дії НЧ зазвичай застосовуються такі методи [7]:

- 1) розрахункові (аналітичні);
- 2) статистичних випробувань;
- 3) експертні процедури.

Останні два методи пов'язані з обробкою масиву статистичних даних і до прямих розрахункових методів не відносяться. **Метою** цієї публікації є теоретичне забезпечення застосування розрахункового методу для обчислення r_i .

Розробка теретичного методу оцінки впливу НЧ на БП. Можливості застосування зазначеного методу залежать від фактичних даних про закони розподілу часу реального втручання пілота у ліквідацію наслідків прояву НЧ $t_{emp.}$, закони розподілу реального часу, який він має у своєму розпорядженні t_p , та їх параметрів. При цьому слід зауважити, що час $t_{emp.}$ у загальному випадку утворюється двома складовими:

$$t_{emp.} = \Delta t_0 + \Delta t_{ПР}, \quad (1)$$

Де Δt_0 – час, що витрачається АО на виявлення ознак особливої ситуації польоту; $\Delta t_{ПР}$ – час, що витрачається на переробку інформації і прийняття рішення (ПР) щодо вигонання необхідних дій.

В залежності від інформаційної цінності а також властивостей приладів і сигналізації, що розташовані у пілотській кабіні чи на робочому місці А/Д і виступають подражчиками або привертають увагу, час втручання може змінюватися у широких межах (від кількох до десятків секунд).

Припустимо що закони розподілу $t_{emp.}$ і t_p дійсно відомі: для часу втручання $f(t_{emp.})$ і реального часу $f(t_p)$. В такому випадку імовірність парирування наслідків прояву НЧ визначається як імовірність своєчасного втручання пілота:

$$r_i = p(t_p > t_{emp.}) = p(\Delta t > 0) \quad (2)$$

або

$$r_i = p(\Delta t > 0) = \int_0^{\infty} f(\Delta t) d\Delta t, \quad (3)$$

де $f(\Delta t)$ – закон розподілу різниці часу, що має пілот у своєму розпорядженні і часу втручання, який визначається композицією законів $f(t_p)$ і $t_{emp.}$.

Будемо вважати, що величини $t_{emp.}$ і t_p розподілені по нормальному закону, що відкриває можливість звести досліджувану задачу до комбінації двох нормальних законів (рис. 2) [7; 8]. Тоді Δt буде мати також нормальний закон розподілу з параметрами:

$$m_{\Delta t} = m_{t_p} - m_{emp.}, \quad (4)$$

$$\sigma_{\Delta t} = \sqrt{\sigma_{t_p}^2 + \sigma_{emp.}^2 - 2K_{t_p t_{emp.}}}, \quad (5)$$

де $K_{t_p t_{emp.}}$ – момент кореляції між часом, що є в розпорядженні пілота, і часом втручання у долання наслідків впливу НЧ.

У загальному випадку $K_{t_p t_{emp.}} \neq 0$, зокрема, чим швидше відхиляється повітряне судно (ПС) від запланованого режиму польоту, тим менше час t_p , однак, тим раніше АО реагує на вплив НЧ, тобто менше час втручання $t_{emp.}$. Проте на теперішній час ще немає

фактичного банку даних, які дозволили б визначити $K_{t_p t_{emp.}}$, тому в першому наближенні можна прийняти, що $K_{t_p t_{emp.}} = 0$.

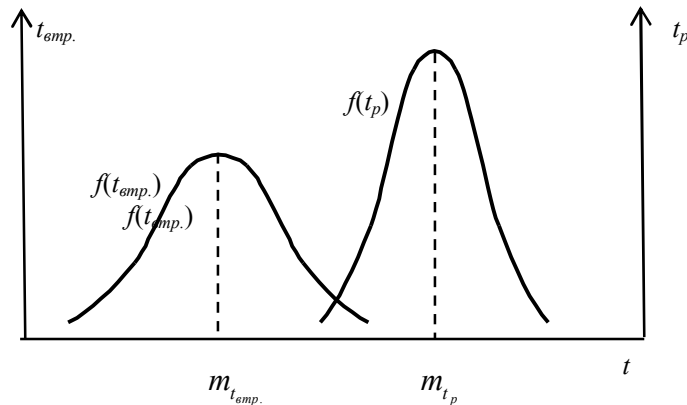


Рисунок 2 – Гіпотетичне уявлення законів розподілу часу втручання і часу, що має у своєму розпорядженні авіаційний оператор для усунення наслідків впливу небезпечних чинників

Таким чином, імовірність ліквідації наслідків впливу НЧ визначається як

$$r_i = p(\Delta t > 0) = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{m_{\Delta}}{\sigma_{\Delta t}}\right), \quad (6)$$

де Φ_0 – функція Лапласа, що визначається з відповідних таблиць [3]; m_{Δ} , $\sigma_{\Delta t}$ – параметри нормального розподілу, що знаходяться згідно формул (3), (4).

Задача ще більше спрощується, якщо манера втручання пілота в процес управління ПС детермінована. Наприклад, він відхиляє важелі управління у вихідну позицію з максимальною швидкістю. Тоді час t_p , який має пілот у своєму розпорядженні, буде визначеним, і спрощувати закон розподілу часу $t_{emp.}$ немає потреби і імовірність парирування наслідків впливу НЧ може бути визначеною так [7-9]:

$$r_i = \int_0^{t_p} f(t_{emp.}) dt_{emp.} = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{1}{\sqrt{D}} \ln \frac{t_p^*}{t_{emp.0}^*}\right), \quad (7)$$

де $\Phi_0(X)$ – функція Лапласа; $t_p^* = t_p - 0,13$ с.

Імовірність парирування наслідків впливу НЧ визначають так.

1. Спочатку для заданого НЧ визначають вираз збурюючого моменту, що впливає на систему «льотний екіпаж – повітряне судно – середовище – орган ОПР».

2. Далі інтегрується рівняння збуреного стану, знаходяться зміни основних параметрів і виявляється критичний визначаючий параметр, котрий першим досягає критичного значення.

3. Враховуючи критичний параметр, знаходять t_p і параметр $t_p^* = t_p - 0,13$ с.

4. Із спільного вирішення системи рівнянь збуреного стану знаходять математичне очікування часу втручання $m_{t_{emp.}}$ і на основі встановлених зв'язків – параметр

$t_{emp.0}^*$.

5. По відомих значеннях D , t_p^* , $t_{emp.0}^*$ обчислюють аргумент функції Лапласа $\Phi_0(X)$ і по значенню аргумента X знаходять табличне значення функції.

6. Досліджують отриманий результат, визначаючи чинники, що знижують рівень БП і накреслюють можливі шляхи її збільшення.

Висновки. Основною перевагою розрахункового методу визначення імовірності парирування наслідків НЧ, що був розглянутий, є його відносна простота, а суттєвим

недоліком – необхідність спрощення реальних явищ с метою математичної формалізації в виді, прийнятном для аналітичного рішення.

Враховуючи важливість проблем забезпечення надійності функціонування ергатичної системи «пілот (екіпаж) – ПС – навколишнє середовище» в умовах впливу НЧ, наступні дослідження слід проводити в напрямку моделювання поведінки цієї системи при несигналізованих відмовах АТ. З іншого боку, чисельні дослідження вказують, що в залежності від вагомості НЧ чи рівня професійної підготовленості АО закони розподілу $t_{emp.}$, t_{emp} можуть відрізнятися від нормального, зокрема йдеться про логнормальний закон, χ^2 -розподіл, експоненціальний та β -розподіл, що також має стати предметом додаткових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – 3-е изд-е. – Монреаль, Канада, 2013.
2. Руководство по предотвращению авиационных происшествий [Текст] : Doc. ICAO 9422 – AN / 923. – Изд-е первое. – Монреаль, Канада, 1984.
3. Мухтаров П. Ш. Людський чинник в аеронавігації: рівні домагань авіадиспетчерів при оцінці бажаності відстані між повітряними судами / П. Ш. Мухтаров // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : ХДМА, 2014. – № 1. – С. 283-288.
4. Козлов В. В. Безопасность полетов: от обеспечения к управлению [Текст] / В. В. Козлов. – М., 2010. – 270 с.
5. Shappell S. A. The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) / S. A. Shappell, D. A. Wiegmann // FSF Flight Safety Digest. – 2001, Feb. – P. 15-28.
6. Плотников Н. И. Проектирование транспортных комплексов. Воздушный транспорт [Текст] / Н. И. Плотников. – Новосибирск : ЗАО ИПЦ АвиаМенеджер, 2010. – 393 с.
7. Жулев В. И. Безопасность полетов летательных аппаратов (Теория и анализ) / В. И. Жулев, В. С. Иванов. – М.: Транспорт, 1986. – 224 с.
8. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии: пер. с англ. Л. И. Харусовой / Дж. Гласс, Дж. Стенли; общ. ред. Ю. П. Адлера. – М. : Прогресс, 1976. – 496 с.
9. Мюллер П. Таблицы по математической статистике / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 278 с.

**СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА**

МІЖНАРОДНО-ПРАВОВІ ПРОБЛЕМИ БОРОТЬБИ ІЗ МОРСЬКИМ ПІРАТСТВОМ

Агазаманов Н.

Киевская государственная академия водного транспорта
имени гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
(Украина)

Вступ. З кожним роком у світі зростає кількість випадків здійснення протиправних актів проти безпеки морського судноплавства, зокрема піратських нападів на торговельні судна та захоплення заручників з метою отримання викупу. Активізація діяльності морських піратів, окрім створення загрози свободи морського судноплавства, негативно впливає на світову морську торгівлю та загрожує системі світових торговельних перевезень. Тому тема боротьби із таким негативним явищем як морське піратство на сьогоднішній день є досить актуальною як на національному, так і на міжнародному рівні.

Найбільш небезпечними з точки зору ризику піратських нападів залишаються узбережжя Малайзії, Індонезії, Філіппін, Гвінеї, Бразилії, Західної Африки та води Південно-Китайського моря [4, с.78]. Останнім часом до цього переліку увійшли і води Аденської затоки та води узбережжя Сомалі [8, с. 116].

За експертними оцінками Україна входить до п'ятірки країн з найбільшою кількістю моряків торговельного флоту. Питання боротьби з піратством, запобігання захопленню суден, захисту моряків, звільнення тих, які потрапили в полон до піратів, соціальна реабілітація жертв цього злочину, для неї вже давно вийшла за рамки лише зовнішньополітичної активності, набувши також рис внутрішньополітичної проблеми. Ситуація ускладнюється тим, що більшість з близько 70 тисяч українських моряків знаходиться на суднах під прапором інших держав [5].

Як свідчить аналіз, основні проблеми в боротьбі з піратством полягають у: ресурсних (фінансових) утрудненнях більшості прибережних держав третього світу; нездатності уряду цих країн вплинути на ситуацію; неможливості постійного перекриття районів піратства наявною кількістю кораблів, катерів і літальних апаратів (патрулювання на сьогодні залишається одним з найбільш ефективних заходів у боротьбі з піратством); наданні прибережними державами та судовласницькими компаніями хибної статистичної й іншої інформації про напади на судна; неузгодженості правових норм і актів, що визначають режим прибережних районів та ін.

Матеріали дослідження. Основи сучасної міжнародної співпраці у боротьбі з морським піратством були закладені Женевською конвенцією про відкрите море у 1958 року. Згідно неї дії піратів визначалися як неправомірний акт насильства, затримання або пограбування, здійснюваний в особистих цілях, у відкритому морі, проти якого-небудь судна або літального апарата, осіб або майна в місці, що знаходиться за межами юрисдикції будь-якої держави. Відповідно до конвенції держави зобов'язані сприяти знищенню піратства у відкритому морі та місцях за межами юрисдикції будь-якої держави [2, с.472]

Згодом для вирішення цих завдань під егідою ООН було прийнято такі міжнародно-правові документи, як: Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (1974 р.); Конвенція СОЛАС-74; Конвенція ООН з морського права (1982 р.); Конвенція про боротьбу з незаконними актами, спрямованими проти безпеки морського судноплавства (1988 р.); Протокол про боротьбу з незаконними актами, спрямованими проти безпеки стаціонарних платформ, розташованих на континентальному шельфі (1988 р.) тощо.

У документах була закладена міжнародна правова основа боротьби зі злочинністю на морі. Стаття 100 Конвенції ООН з морського права 1982 р. вимагає від усіх держав безкомпромісної боротьби з піратством [3, с. 3].

Згодом правові положення цих документів отримали свій розвиток у вигляді нових редакцій, доповнень і додатків, резолюцій, а також інших документів Міжнародної морської організації – ІМО.

Важливу роль у координації зусиль міжнародного морського співтовариства в питаннях боротьби з піратством відіграє Міжнародне морське бюро (ММБ), засноване в 1991 р., а також Центр інформації про піратство ММБ, відкритий у 1992 р. в малайзійському місті Куала-Лумпур.

У багатьох країнах почали усвідомлювати, що боротьба зі злочинністю на морі, не може бути прерогативою окремого державного органу або держави. Головну координуючу роль у цьому процесі відіграє ІМО й особливо її Комітет з безпеки на морі – КБМ. У листопаді 2001 р. на 22-й сесії Асамблеї ІМО було одностайно прийнято Резолюцію А.924(22), що констатувала необхідність вироблення нових заходів стосовно захисту суден. У грудні 2002 р. на II конференції держав-учасниць СОЛАС-74 було прийнято низку нових рішень щодо посилення безпеки на морі як доповнень до СОЛАС-74. Зокрема, був ухвалений Міжнародний кодекс з охорони суден та портових засобів (Кодекс ОСПЗ), який набув чинності з 1 липня 2004 року [7].

2 червня 2008 р. Рада Безпеки ООН ухвалила Резолюцію №1816, у якій закликає держави активізувати та координувати свої зусилля з метою протидії актам піратства й озброєного розбою біля узбережжя Сомалі, а також ухвалює, що протягом шести місяців з часу прийняття резолюції держави, які співпрацюють із перехідним урядом Сомалі в боротьбі з морським піратством, можуть: входити в територіальні води Сомалі з метою припинення актів піратства, як це дозволяється робити у відкритому морі стосовно піратства за нормами міжнародного права, і використовувати всі необхідні для цього засоби [6].

Дана Резолюція стала основною нормативною підставою для початку 8 грудня 2008 р. антипіратської операції ВМС Європейського Союзу «Атланта» та у січні 2009 р. операції багатонаціональних військово-морських сил *Combinet Task Force -151 (CTF-151)*, що складаються з кораблів понад 30 країн, ініційованої США.

Оскільки для України проблема морського піратства є не менш актуальною, державними органами було ініційовано залучення кораблів ВМС України до операції Євросоюзу. Так, група Центру спецоперацій «А» СБУ та військовослужбовці 801-го загону ВМС України (боротьба з підводними диверсійними силами та засобами) готувалися до виконання завдань щодо боротьби з піратами в Аденській протоці на одному з кораблів військово-морських сил України [1].

Висновки. Однак, якою досконалою не була б політика боротьби із морським піратством, для її впровадження необхідний певний рівень матеріально-технічного забезпечення держави. Мабуть, саме тому найбільш часті випадки скоєння піратських нападів на судна спостерігається у країнах із більш низьким економічним рівнем життя та обороноздатністю. Таким чином без достатності фінансування жодні стратегічні методи боротьби із морським піратством не матимуть реального впливу. Вирішенню цього питання може посприяти створення спеціалізованих міжнародних фондів по боротьбі із морським піратством, які б на взаємовигідних умовах здійснювали кредитування відповідних операцій боротьби держав, які цього нагально потребують.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богданов Д. Предложения Украины по борьбе с пиратством, от которых трудно отказаться // Defence express 22.09.10 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.defence-ua.com/rus/hotnews/?id=33059&prn=yes>.
2. Женевская конвенция о территориальном море и прилежащей зоне 1958 года. // Ведомости Верховного Совета СССР. – 1964. – №43. – 472 с.
3. Конвенция ООН по морскому праву. Организация Объединенных Наций. – Нью-Йорк. – 1984. – 316 с.
4. Лисакуайте В. В. Современные проблемы борьбы с морским пиратством [Текст]/Лисакуайте В.В. // Сибирский юридический вестник. – 2008. – №4. – С.78-80.
5. Проблеми міжнародно-правового режиму боротьби з пиратством в сучасних умовах. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/36876/61-Kulik.pdf?sequence=1>.
6. Резолюция Совета безопасности ООН №1816 (2008) Положение в Сомали – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.un.org/russian/document/scresol/res2008/res1816.htm>.
7. Регулювання пиратства в міжнародному морському праві. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.rusnauka.com/36_PVMN_2013/Pravo/5_154522.doc.htm.
8. Середа. Г. Міжнародно-правові аспекти протидії сучасному морському пиратству [Текст] / Г. Середа // Право України. – 2009. – №4. – С. 116-122.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КООРДИНАТ СУДНА С УЧЕТОМ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВЫБОРКИ

Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. При обработке навигационной информации принимается, что случайные погрешности навигационных измерений распределены по нормальному закону. В последнее время в ряде случаев при обработке статистических данных погрешностей навигационных измерений, полученных в натурных наблюдениях, было обнаружено, что они не подчиняются нормальному закону. Это обусловило поиск альтернативных законов распределения вероятностей погрешностей навигационных измерений.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работах [1, 2] показано, что погрешности навигационных измерений, полученные в натурных наблюдениях, не подчиняются нормальному закону. Модели смешанного распределения разных типов предложены в работах [1, 3, 4].

Смешанные законы распределения, плотность которых выражается в явном виде, получены в работе [5], однако не рассмотрена ситуация, когда исходная выборка содержит нормально распределенные погрешности навигационных измерений с различными дисперсиями, что определило выбор темы настоящего доклада.

Формулировка целей доклада (постановка задачи). Целью данного доклада является вывод аналитического выражения плотности распределения погрешности выборки, содержащей нормально распределенные погрешности навигационных измерений с различной дисперсией, и разработка процедуры оценки эффективности координат судна, полученных в такой ситуации.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Рассмотрим случай, когда исходная выборка, по которой производится оценка стохастических характеристик случайной погрешности ξ , содержит случайные погрешности с различными значениями дисперсии. Допустим, погрешности общей выборки являются нормально распределенными случайными величинами, принадлежащими различным частным выборкам с определенным значением дисперсии σ_i^2 . Другими словами, общая выборка является смесью частных выборок с различными дисперсиями, причем с.к.о. σ выборок является дискретным распределением со значениями $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_n$ с вероятностями $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$. Тогда плотность распределения общей выборки $f_s(\xi)$ имеет следующий вид:

$$f_s(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \exp\left(-\frac{\xi^2}{2\sigma_i^2}\right).$$

Полученная плотность распределения погрешностей измерений навигационного параметра является истинной плотностью распределения случайных величин смешанной выборки, а предполагаемая плотность является плотностью нормального распределения. Для определения эффективности обсервованных координат судна, полученных методом наименьших квадратов при наличии избыточных измерений, найдем несобственные интегралы q_s , p_s и s_s [6].

Несобственный интеграл q_s зависит только от предполагаемого нормального распределения и имеет следующее выражение:

$$q_s = -\frac{1}{\sigma_m^2}.$$

В свою очередь, несобственный интеграл p_s выражается следующим образом:

$$p_s = \int_{R1} f_s(x) \left\{ \left[\frac{\partial \varphi(x)}{\partial x} \right]^2 \right\} dx = \int_{R1} \frac{x^2}{\sigma_m^4} f_s(x) dx = \frac{1}{\sigma_m^4} \int_{R1} x^2 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right) dx,$$

или

$$p_s = \frac{1}{\sigma_m^4} \sum_{i=1}^n p_i \int_{R1} x^2 \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right) dx.$$

Так как справедливо выражение $\int_{R1} x^2 \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right) dx = \sigma_i^2$, то окончательно несобственный интеграл p_s имеет следующее выражение:

$$p_s = \frac{1}{\sigma_m^4} \sum_{i=1}^n p_i \sigma_i^2.$$

Найдем выражение для последнего несобственного интеграла s_s , для чего найдем производную $\frac{\partial}{\partial x} f_s(x)$:

$$\frac{\partial}{\partial x} f_s(x) = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right) \right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \left(\frac{-x}{\sigma_i^2} \right) \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right),$$

а выражение для ее квадрата:

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} f_s(x) \right]^2 = \frac{1}{2\pi} \left[\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \left(\frac{-x}{\sigma_i^2} \right) \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right) \right]^2.$$

Поэтому для несобственного интеграла s_s справедливо выражение:

$$s_s = \int_{R1} \frac{\frac{1}{2\pi} \left[\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \left(\frac{-x}{\sigma_i^2} \right) \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right) \right]^2}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right)} dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{R1} x^2 \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i^3} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right) \right]^2}{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2}\right)} dx.$$

С учетом полученных выражений для несобственных интегралов q_s , p_s и s_s записываем формулу для эффективности:

$$e = \frac{q_s^2}{p_s s_s} = \frac{\frac{1}{\sigma_m^4}}{\frac{1}{\sigma_m^4} \sum_{i=1}^n p_i \sigma_i^2 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{R1} x^2 \frac{[\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i^3} \exp(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2})]^2}{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \exp(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2})} dx}$$

Учитываем, что $\sum_{i=1}^n p_i \sigma_i^2 = \sigma_m^2$, и окончательно получим:

$$e = \frac{1}{\frac{\sigma_m^2}{\sqrt{2\pi}} \int_{R1} x^2 \frac{[\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i^3} \exp(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2})]^2}{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\sigma_i} \exp(-\frac{x^2}{2\sigma_i^2})} dx}$$

Анализ полученного выражения показывает, что для однородной выборки с постоянной дисперсией σ_m^2 значение $n=1$ и эффективность e равна 1.

Выводы. В докладе получено выражение плотности распределения вероятностей погрешностей исходной выборки, которая содержит погрешности измерения навигационного параметра, подчиненные нормальному распределению с различными значениями дисперсии. Произведен вывод формулы оценки эффективности обсервованных координат судна, рассчитанных методом наименьших квадратов, при использовании такой выборки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В. Т. Определение места судна. – М. : Транспорт, 1989. – 250 с.
2. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation // The Journal of Navigation. – Vol. 32. – № 3. – P. 426-429.
3. Ткаченко А.С. К вопросу формирования модели смешанного распределения погрешностей навигационных измерений // Судовождение. – 2005. – № 10 – С. 118-122.
4. Алексихин В. Г. Требования к плотности распределения среднего квадратического отклонения в модели смешанного распределения / Алексихин В. Г., Ткаченко А. С. // Судовождение. – 2006. – № 11. – С. 9–13.
5. Ткаченко А. С. Совершенствование методов контроля и прогноза места судна. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.13/ ОНМА. – Одесса, 2009. – 24 с.
6. Мудров В.М. Методы обработки измерений / Мудров В.М., Кушко В.Л. – М. : Советское радио, 1976. – 192 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВЕКТОРА УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО РАСХОЖДЕНИЯ

Бурмака И.А., Булгаков А.Ю.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Одной из наиболее актуальных является проблема обеспечения безопасного расхождения судов в случае возникновения угрозы их столкновения.

Стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением для контроля процесса судовождения и управления движением опасно сближающихся судов оборудуются станциями управления движением судов (СУДС). Поэтому исследование вопросов управления несколькими судами, следующих опасными курсами сближения, чему посвящена настоящая статья, является актуальным и перспективным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций.

Работа [1] посвящена вопросам предупреждения столкновений судов с использованием гибких стратегий расхождения, а в работе [2] приведены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения. Однако малоисследованными являются вопросы внешнего управления группой опасно сближающихся судов, что очень актуально для СУДС, которые должны решать задачи одновременного опасного сближения нескольких пар судов, составляющих группу.

Формулировка целей статьи (постановка задачи).

Целью данного доклада является формализация процедуры выбора оптимальной стратегии расхождения группы опасно сближающихся судов при их управлении СУДС.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Рассмотрим ситуацию, когда в группе, состоящей из n взаимодействующих судов, возникает ситуационное возмущение, компенсация которого производится вектором управления $u = \{\Delta K_i\}$, где ΔK_i – изменение курсов каждого из судов. Значения ΔK_i выбираются таким образом, что дистанции кратчайшего сближения $\min D_{ij}$ каждой пары судов не меньше предельно-допустимой дистанции d_d ($\min D_{ij} \geq d_d$).

Множество значений управляющего вектора U , при которых для всех $\min D_{ij}$ выполняется условие $\min D_{ij} \geq d_d$, составляет его допустимую область U_d . Каждому значению вектора управления $u = \{\Delta K_i\} \in U_d$ соответствует критерий оптимальности $Q = \sum_{i=1}^n \Delta K_i^2$. Обращаем внимание, что критерий оптимальности Q представляет собой квадрат расстояния в n -мерном пространстве $\Delta K_1 \times \dots \times \Delta K_i \times \dots \times \Delta K_{n-1} \times \Delta K_n$. Очевидно, что оптимальное значение вектора управления $u_o = \{\Delta K_i\}$ достигается при минимуме критерия оптимальности Q , т.е. $\sum_{i=1}^n \Delta K_i^2 = \min$. Это означает, что при минимальном значении Q суда безопасно расходятся на кратчайших расстояниях $\min D_{ij} \geq d_d$ при минимальных отклонениях судов от их начальных курсов.

С учетом вышеизложенного задача выбора оптимального вектора управления формализуется следующим образом:

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta K_i^2 \rightarrow \min ,$$

$$\min D_{ij} \geq d_d. \quad (1)$$

Последнее условие, как показано в работе [3], можно записать следующим образом:

$$(K_i, K_j) \notin S_{Dij},$$

где S_{Dij} – область недопустимых парных курсов пары сближающихся судов.

Учитываем, что $K_k = K_{nk} + \Delta K_k$, где K_{nk} – начальное значение курса k -го судна, и получим:

$$(K_{ni} + \Delta K_i, K_{nj} + \Delta K_j) \notin S_{Dij}.$$

Поэтому выражение для исходной задачи (1) принимает следующий вид:

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta K_i^2 \rightarrow \min ,$$

$$(K_{ni} + \Delta K_i, K_{nj} + \Delta K_j) \notin S_{Dij}. \quad (2)$$

Найдем значения изменений курсов каждого из судов ΔK_k , при которых достигается минимум критерия оптимальности Q , для чего найдем частные производные критерия оптимальности Q по каждой из переменных ΔK_k и приравняем их к нулю, т.е.

$\frac{\partial Q}{\partial \Delta K_k} = 0$. С учетом выражения для Q получим:

$$\frac{\partial}{\partial \Delta K_k} \left(\sum_{i=1}^n \Delta K_i^2 \right) = 2 \Delta K_k = 0, \quad (2)$$

откуда следует, что минимальное значение критерия оптимальности Q достигается при стремлении к нулю изменений курсов каждого из судов ΔK_k . Так, как при опасном сближении пары судов точка (K_i, K_j) находится в опасной области S_{Dij} , то минимальное изменение курса достигается при значении курса уклонения, соответствующего границе опасной области. Если точки границы опасной области обозначить (K_i^*, K_j^*) , то минимальное допустимое значение изменение курса ΔK_k , обеспечивающее минимум критерия оптимальности Q , определяется выражением:

$$\Delta K_k = 0, \text{ если } (K_{nk}, K_{nj}) \notin S_{Dij};$$

$$\Delta K_k = K_k^* - K_{nk}, \text{ если } (K_{nk}, K_{nj}) \in S_{Dij}. \quad (3)$$

Если изменения курсов судов ΔK_k выбрать в соответствии с выражением (3), то будет реализован оптимальный вектор управления $u_0 = \{\Delta K_i\} \in U_d$, принадлежащий к допустимой области, который обеспечивает минимальное значение критерия оптимальности Q .

Выводы. В зависимости от структуры матрицы ситуационного возмущения W_{bn} безопасное расхождение судов может потребовать изменения курса различного количества судов взаимодействующей группы (от одного до всех). Поэтому более предпочтительным является маневр расхождения, в котором изменяют курс меньшее количество судов. Другими словами, предпочтительней является управляющий вектор, у которого большее число компонент равно нулю. Однако для каждого значения

управляющего вектора U_m с заданным значением m ненулевых компонент ΔK_i определено граничное значение критерия оптимальности Q_m^* , которое регламентирует необходимость увеличения на единицу размерности управляющего вектора U_{m+1} .

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. Пятаков Э. Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Пятаков Э. Н., Заичко С. И. // Судовождение : сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. – Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С. 166–171.
3. Бурмака И. А., Булгаков А. Ю. Маневр расхождения трех судов изменением курсов // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2014. – Вып. 20. – Одесса : ОНМА. – С. 18–23.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗАВАРИЙНОГО ПЛАВАНИЯ СУДНА В СТЕСНЕННЫХ РАЙОНАХ

Ворохобин И.И., Северин В.В., Казак Ю.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Одной из наиболее актуальных является проблема обеспечения безопасности судовождения в стесненных районах плавания. Ее решение предусматривает снижение числа аварий, возникающих по причине посадок судов на мель, навалов на причал и столкновений при опасном сближении, чего можно достичь использованием математической модели формирования вероятности безаварийного плавания судна. Такая модель позволяет выявить существенные факторы и предупредить их отрицательное влияние на процесс судовождения.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Вопросы по оценке надежности судовождения в случае, когда судно следовало мимо выделяющихся (точечных) навигационных опасностей рассматривались в работе [1], а работа [2] посвящена обоснованию критерия навигационной безопасности.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является изложение формирования подходов к формализации способа оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненных районах.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Выбор безопасного маршрута плавания судна в стесненном районе возможен с помощью математической модели оценки вероятности безаварийного плавания судна P_b по выбранному маршруту с его заданными характеристиками S_n и двумерной плотностью $f_t((\Delta\varphi, \Delta w))$ распределения вероятностей позиционной траекторной погрешности $x(t)$, причем в качестве такой вероятности следует использовать априорную вероятность безаварийной проводки судна в заданном районе по выбранному маршруту.

Безопасную область D плавания судна можно задать в произвольной системе координат. В рассматриваемой задаче безопасную область D будем задавать в системе координат $O \Delta\varphi_t \Delta w_t$, связанной с программной траекторией, для каждого момента времени t , при этом аналитическое выражение безопасной области будем обозначать для каждого момента времени через $D_{t_0}, D_{t_0+1}, \dots, D_t$. Допустим область безопасного плавания D не является выпуклой и задана относительно последовательности систем координат $O \Delta\varphi_t \Delta w_t$, начало которых принадлежит программной траектории и совпадает с прогнозируемыми точками места судна для моментов времени t_0, t_0+1, \dots, t .

Погрешность траекторного управления судном в любой момент времени t характеризует истинное положение судна в системе координат $O \Delta\varphi_t \Delta w_t$, причем последовательность указанных погрешностей во времени является семейством независимых случайных векторов с известными плотностями распределения и ковариационными матрицами $R(t)$.

Вероятность безопасного плавания является вероятностью того, что траектория движения судна принадлежит области D , т.е. вероятность того, что каждая точка траектории движения судна принадлежит безопасной области D . Так как движение судна для рассматриваемой задачи можно описывать линейной моделью, то траектория его движения является совокупностью k последовательных линейных участков, каждый из которых - перемещение судна за интервал времени Δt между последовательными моментами коррекции параметров его движения.

Вероятность реализации конкретного участка траектории определяется произведением вероятностей реализации его конечных точек, заданных в смежных системах координат $O \Delta \varphi_t, \Delta w_t$ и $O \Delta \varphi_{t+1}, \Delta w_{t+1}$, причем вероятности равны значениям плотностей распределения $f(\Delta \varphi_t, \Delta w_t, \lambda_t)$ и $f(\Delta \varphi_{t+1}, \Delta w_{t+1}, \lambda_{t+1})$ в указанных конечных точках. Вероятность того, что начальный участок траектории γ_0 принадлежит области безопасного плавания D при условии, что ее начало находится в точке с координатами $\Delta \varphi_{t_0}, \Delta w_{t_0}$ (в системе координат $O \Delta \varphi_{t_0}, \Delta w_{t_0}$) равна произведению вероятностей того, что каждый участок γ_0 принадлежит D , причем каждая из которых определяется произведением:

$$f(\Delta \varphi_{t_0}, \Delta w_{t_0}, \lambda_{t_0}) f(\Delta \varphi_{t_0+1}, \Delta w_{t_0+1}, \lambda_{t_0+1}).$$

Поэтому можно записать:

$$P(\gamma_0 \in D/c_0 = \Delta \varphi_{t_0}, \Delta w_{t_0}) \Rightarrow$$

$$f(\Delta \varphi_{t_0}, \Delta w_{t_0}, \lambda_{t_0}) \int_{D_{t_0}} f(\Delta \varphi_{t_0+1}, \Delta w_{t_0+1}, \lambda_{t_0+1}) d\Delta \varphi_{t_0+1} d\Delta w_{t_0+1},$$

где c_0 – координаты начала траектории, и вероятность реализации начала первого участка не зависит от переменных $\Delta \varphi_{t_0}$ и Δw_{t_0} .

Вероятность того, что вся траектория движения судна принадлежит области D , является вероятностью того, что все участки траектории движения судна одновременно принадлежат области D :

$$P\{x(t) \in D\} = \int_{D_{t_n}} f\{\Delta \varphi_{t_0}, \Delta w_{t_0}, G[R(t_0)]\} \int_{D_{t_0}} f\{\Delta \varphi_{t_0+1}, \Delta w_{t_0+1}, G[R(t_0+1)]\} \rightarrow$$

$$\int_{D_{t_0+1}} f\{\Delta \varphi_{t_0+2}, \Delta w_{t_0+2}, G[R(t_0+2)]\} \dots \int_{D_{t-1}} f\{\Delta \varphi_t, \Delta w_t, G[R(t)]\} d\Delta \varphi_t d\Delta w_t \dots d\Delta \varphi_{t_0} d\Delta w_{t_0},$$

где D_{t_n} – часть области D , содержащая множество точек начала траектории; $R(t)$ – ковариационная матрица погрешности траекторного управления судном.

Производя последовательное интегрирование, получим в итоге следующее выражение:

$$P\{x(t) \in D\} = \Phi_k \{D_{t_n}, D_{t_0}, \dots, D_{t-2}, D_{t-1}, R(t_0), \dots, R(t-1), R(t)\}.$$

Полученная вероятность $P\{x(t) \in D\}$ является искомой вероятностью безопасного плавания P_{bn} . Поэтому:

$$P_{bn} = \Phi_k \{D_{t_n}, D_{t_0}, \dots, D_{t-2}, D_{t-1}, R(t_0), \dots, R(t-1), R(t)\}, \quad (1)$$

где Φ_k – функция, характеризующаяся k -кратное последовательное интегрирование плотности распределения погрешности траекторного управления.

Таким образом, вероятность безопасного плавания P_{bn} зависит от ковариационных матриц $R(t_0), \dots, R(t-1), R(t)$ погрешности траекторного управления судном, области безопасного плавания D и положения в ней программной траектории, типа распределения погрешности траекторного управления, а также числом участков траектории, которое определяется периодом времени Δt .

Рассмотрим случай выпуклой области безопасного плавания D . Свойство, отличающее выпуклую область, заключается в том, что все отрезки прямой принадлежат

области D , если концы отрезка находятся в пределах этой области. Указанное обстоятельство позволяет сделать вывод, что множество концов каждого отрезка траектории не зависит от координат его начала.

В случае выпуклой области выражение для P_{bn} принимает следующий вид:

$$P_{bn} = \int_{D_{t_0}} f[x(t_0)] dx(t_0) \int_{D_{t_0+1}} f[x(t_0+1)] dx(t_0+1) \dots \int_{D_t} f[x(t)] dx(t) = \prod_{i=0}^k \int_{D_{t_0+i}} f[x(t_0+i)] dx(t_0+i)$$

Логарифмируем полученное уравнение:

$$\ln(P_{bn}) = \sum_{i=0}^k \ln \left\{ \int_{D_{t_0+i}} f[x(t_0+i)] dx(t_0+i) \right\},$$

или

$$P_{bn} = \exp \left\{ \sum_{i=0}^k \ln \left\{ \int_{D_{t_0+i}} f[x(t_0+i)] dx(t_0+i) \right\} \right\},$$

где k – целая часть отношения $s/(V_m \Delta t)$; s – длина программной траектории; V_m – средняя скорость движения судна по программной траектории.

Выводы. Предлагаемая процедура оценки вероятности безаварийного плавания судна P_{bn} требует решения задачи на плоскости с использованием двумерной плотности распределения вероятностей векториальной погрешности и многократным ее интегрированием в пределах безопасной области D , граница которой зачастую имеет сложную форму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В. Т. Определение места судна / Кондрашихин В. Т. – М. : Транспорт, 1989. – 230с.
2. Мельник Е .Ф. Обоснование выбора критерия навигационной безопасности судовождения // Судовождение. – 2002. – № 5. – С. 65-73.

ВИБРАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ СУДАХ

Гусев В.Н.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В Maritime Labour Convention (MLC 2006/2013) Конвенции о труде в морском судоходстве указано, что на постоянной основе должны проводиться исследования по проблеме вибрации на борту судов с целью улучшения защиты моряков от неблагоприятных последствий воздействия вибрации, должны приниматься меры для уменьшения вибрации на борту судов [1], тоже подчеркнута в Code of Safe Working Practices for Merchant Seamen (COSWP 2010) Кодексе безопасной практики работы для моряков торговых судов в главе 34 «Noise, vibration and other physical agents» [2]. Так как обеспечение безопасности человека на море было и остается важнейшей проблемой судоходства, то дальнейшее изучение вибрации и усовершенствование способов ее устранения, являются актуальной задачей.

Вибрация на судне возникает в результате воздействия на упругие системы, к которым относятся отдельные конструкции (в их числе мачты). Вибрация, вызываемая такими силами, называется вынужденной и продолжается до тех пор, пока действует сила. Вибрация, вызванная внезапно приложенной и быстро исчезнувшей силой и продолжающаяся некоторое время после прекращения действия силы, называется свободной. Свободная вибрация быстро затухает, частота ее определяется динамическими характеристиками самой конструкции и поэтому она называется собственной. Частоты собственных колебаний необходимо знать как для того, чтобы избежать резонансных колебаний, так и для дальнейшего расчета вынужденной вибрации.

Вибрация может оопределяться четырьмя параметрами: размах колебаний – расстояние между крайними положениями вибрирующей конструкции, половинное значение размаха носит название амплитуды вибрации, амплитудой скорости, амплитудой ускорения и частотой или связанными с частотой величинами (период колебаний).

Вследствии вибрации конструкций в воздушной среде происходят колебания воздуха, волнообразно распространяющиеся перемещения частиц воздуха и изменения давления воздуха. Такой процесс распространения механических колебаний в окружающей среде называют звуковым процессом (звуком). Звук характеризуется звуковым давлением, интенсивностью, частотой.

Таким образом, если конструкция совершает гармонические колебания (вибрации) например, с амплитудой в направлении перпендикулярном его оси, то при этом в части пространства распространяются звуковые волны. Часть пространства, в котором распространяются звуковые волны, называют звуковым полем. Любая точка звукового поля характеризуется определенным давлением и скоростью частиц воздуха.

Распространяющееся звуковое поле от вибрации конструкций оказывает влияние на общий шум на судне и соответственно на экипаж.

С физической точки зрения между шумом и вибрацией принципиальной разницы нет. Разница имеет место лишь в восприятии: вибрация воспринимается вестибулярным аппаратом и органами осязания, а шум – органом слуха.

Некоторые процессы у человека, такие как интеллектуальные, психические и физиологические угнетаются под воздействием шума и вибрации, что приводит к устойчивым отклонениям от нормы и часто к явно выраженным заболеваниям системы кровообращения, пищеварения, зрения, осязания и др.

Основная часть. На основании выше изложенного всегда в процессе проектирования судна необходимо принимать меры по предотвращению вибрации, а для этого следует выявить вибрирующие конструкции и желательно провести расчет вибрации тех отдельных конструкций судна, от которых можно ожидать появления значительных колебаний, учитывая, что вибрации легче и дешевле ослабить в процессе проектирования судна, чем на уже построенном судне.

В данной работе в качестве исследования вибрации, интенсивности звуковых колебаний, выбрана стальная вибрирующая конструкция – топовая мачта, расположенная на баке судна с носовой надстройкой и которая во время качки судна испытывает наибольшую вибрацию.

Высота мачты 11,5 м, диаметр трубы 27,5 см, толщина трубы 10 мм.

Схематическое расположение топовой мачты на судне представлено на рис. 1.

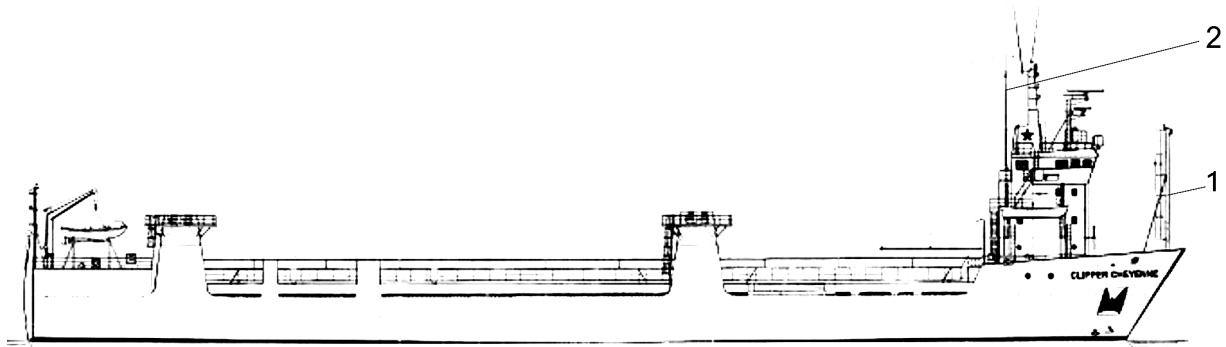


Рисунок 1 – Схематическое расположение топовой и антенной мачт на судне:
1 – топовая стальная мачта, 2 – антенная стеклопластиковая мачта

Для определения вынужденных колебаний мачты предположим, что мачта представляет собой стальной стержень (цилиндр) который совершает малые гармонические колебания (вибрации) в направлении, перпендикулярном его оси. При этом возникнет стационарное звуковое поле.

Известно, что в теории звука вводят понятие интенсивности звука I , определяемой соотношением [1]:

$$I = \frac{|p|^2}{2\rho_0 a}, \quad (1)$$

где p – давление в среде, ρ_0 – плотность невозмущенной среды вокруг мачты (воздуха), a – скорость звука в среде.

Интенсивность звука равна потоку энергии, переносимой волной через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны.

Следуя сценарию, описанному у Кошлякова [1] получим:

$$I = \frac{D^2}{\pi\omega\rho_0 r} \cos^2 \varphi, \quad (2)$$

где

$$D = \frac{\pi\omega^3 r_0^2 B \rho_0}{2a}, \quad (3)$$

где ω – частота вынужденных колебаний, r_0 – радиус мачты, r – расстояние от мачты до точки наблюдений, B – амплитуда малых гармонических колебаний (вибрации мачты).

Положим $\varphi = 0$, чтобы получить интенсивность в плоскости колебания.

Таким образом, поток энергии в звуковом поле колеблющейся мачты убывает пропорционально первой степени расстояния и быстро падает с уменьшением поперечника мачты и частоты.

В работе впервые определили амплитуду вынужденных поперечных колебаний мачты (в виде кругового цилиндра) под действием гармонической силы частоты ω .

$$y(x, t) = P_1 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{A_m}{\omega_m} \left[\frac{\omega_m \sin \omega t - \omega \sin \omega_m t}{\omega_m^2 - \omega^2} \right] X_m(x), \quad (4)$$

где $P_1 = \frac{P}{\rho S}$, ρ – объемная плотность материала, S – площадь поперечного сечения;

$$A_m = \frac{1}{k_m} \frac{\left[\alpha_m (sh \mu_m - \sin \mu_m) + \beta_m (ch \mu_m + \cos \mu_m - 2) \right]}{\int_0^l X_m^2(x) dx};$$

$$\alpha_m = sh \mu_m + \sin \mu_m, \quad \beta_m = -(ch \mu_m + \cos \mu_m);$$

$$k_m = \frac{\mu_m}{l}, \text{ где } \mu_m \text{ – найденное значение корня уравнения, } l \text{ – длина мачты,}$$

$$\omega_m = k_m^2 b \text{ – частота собственных колебаний цилиндра (мачты);}$$

$$b = \sqrt{\frac{EI}{\rho S}}, \text{ где } E \text{ – модуль упругости материала, } I \text{ – момент инерции цилиндра;}$$

$$X_m(x) = \alpha_m (chk_m x - \cos k_m x) + \beta_m (shk_m x - \sin k_m x);$$

Воспользовавшись формулами ((2), (3)) провели серию расчетов оценки интенсивности звуковых колебаний I при разных частотах вынужденных колебаний ω и для разных расстояний от стальной мачты r .

Результаты вычислений приведены в табл. 1.

Длина мачты 11,5 м

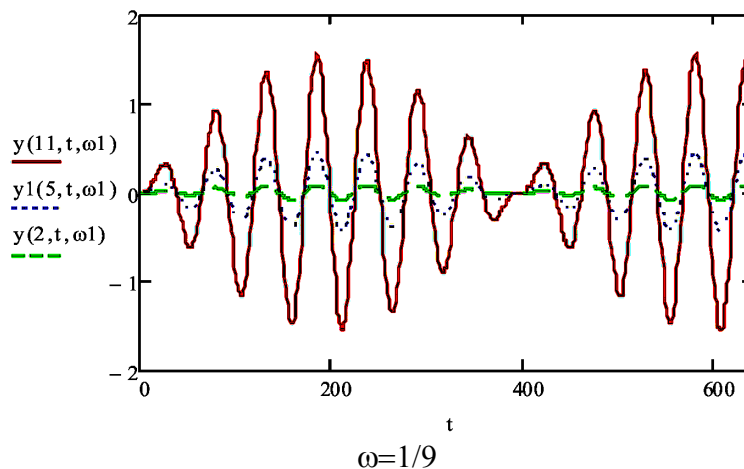
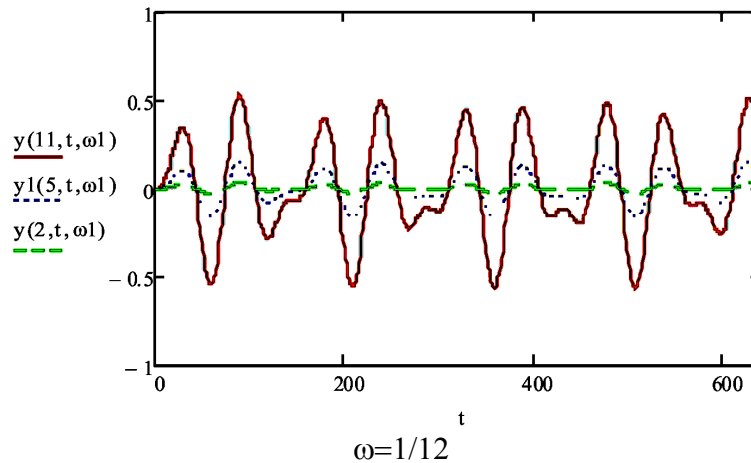
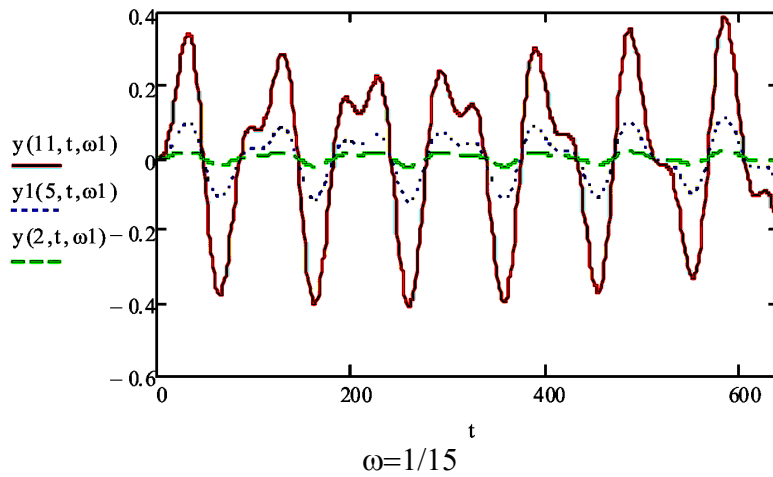
Радиус мачты 0,1375 м

Материал – Сталь

Таблица 1 – Оценка интенсивности звуковых колебаний I при разных частотах вынужденных колебаний ω и для разных расстояний от стальной мачты r

$r, м$	2,5	3	3,5	4	4,5	5
I для $\omega=1/15$	$2,405 \cdot 10^{-14}$	$2,004 \cdot 10^{-14}$	$1,718 \cdot 10^{-14}$	$1,503 \cdot 10^{-14}$	$1,336 \cdot 10^{-14}$	$1,203 \cdot 10^{-14}$
I для $\omega=1/12$	$1,372 \cdot 10^{-13}$	$1,144 \cdot 10^{-13}$	$9,801 \cdot 10^{-14}$	$8,574 \cdot 10^{-14}$	$7,622 \cdot 10^{-14}$	$6,86 \cdot 10^{-14}$
I для $\omega=1/9$	$4,387 \cdot 10^{-12}$	$3,656 \cdot 10^{-12}$	$3,133 \cdot 10^{-12}$	$2,742 \cdot 10^{-12}$	$2,437 \cdot 10^{-12}$	$2,193 \cdot 10^{-12}$

Определили амплитуды вынужденных колебаний по формуле (4) на разной длине мачты (11 м, 5 м, 2 м). Построили графики зависимости амплитуды вынужденных колебаний от времени при разных частотах ($\omega = 1/15$, $\omega = 1/12$, $\omega = 1/9$).



Все вычисления и графики проводили в среде Mathcad 15.

Выводы. Из рисунков видно, что при выбранных частотах – чем больше частота вынужденных колебаний, тем больше интенсивность звуковых колебаний мачты, которая уменьшается в зависимости от расстояния от мачты. Полученные величины амплитуд выражены в относительных единицах для одной стальной мачты, а интерес представляет получение относительных величин колебаний для мачт, изготовленных из разных материалов, что будет проведено в следующей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошляков Н. С., Глинер Э. Б., Смирнов М. М. Уравнения в частных производных математической физики. – М. : Высшая школа, 1970. – 712 с.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ СУДНА С УЧЕТОМ ТЕЧЕНИЯ

Калиниченко Е.В., Калиниченко К.Е.
Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. При управлении судном часто используются маневры изменения его скорости, в частности активное торможение, когда необходимо остановить судно в заданной точке. В этом случае необходимо определить параметры маневра с учетом модели, описывающей активное торможение судна, и течения в районе торможения.

Актуальность исследования. Работы [1-3] посвящены вопросам маневра судна изменением скорости. В работе [1] рассмотрены вопросы определения характеристик активного торможения судна с помощью альтернативного подхода, а в работе [2], используя альтернативный подход, приведена процедура определения характеристик разгона и подтормаживания судна. Анализ данных работ показывает, что исследование вопросов аналитического описания маневров изменения скорости судна является актуальным и перспективным.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является определение параметров активного торможения судна для выхода в заданную точку с учетом течения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Рассмотрим маневр остановки судна в заданной точке активным торможением, причем требуется определить момент времени начала и окончания торможения с учетом течения.

В случае активного торможения время t_a , скорость V_a и дистанция S_a при отсутствии течения рассчитываются с помощью выражений [4]:

$$t_a = \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} \operatorname{arctg}\left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_0\right),$$
$$V_a = \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{\mu}} \operatorname{tg}\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_0\right) - \frac{\sqrt{\mu P}}{(1+k)m} t\right], \quad (1)$$
$$S_a = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln\left|1 + \frac{\mu}{P} V_0^2\right|.$$

Данные выражения использованы для определения моментов времени начала и окончания пассивного торможения для выхода судна в заданную точку.

В случае отсутствия течения моменты времени начала t_n и окончания t_k торможения определяются формулами:

$$t_n = \frac{D - S_c}{V_v}, \quad t_k = t_n + t_s.$$

При наличии течения расчет времени начала торможения t_n производится в следующей последовательности.

Сначала рассчитывается снос судна S_T течением за время торможения, углы α и β с помощью формул:

$$S_T = V_T t_s, \quad \sin \alpha = |\sin(K_T - K_V)|, \quad \alpha = \arcsin[|\sin(K_T - K_V)|],$$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{S_T}{S_c} \sin \alpha\right),$$

где S_c – расстояние торможения.

Используя полученные величины, рассчитывается значение расстояния S_Σ с помощью формулы:

$$S_\Sigma = \sqrt{S_T^2 + S_c^2 - 2S_T S_c \cos(\pi - \alpha - \beta)}.$$

Затем рассчитываем значение скорости перемещения судна по заданной траектории V_Σ по формуле:

$$V_\Sigma = \sqrt{V_T^2 + V_c^2 - 2V_T V_c \cos(\pi - \alpha - \beta_1)},$$

где угол β_1 вычисляется с помощью выражения:

$$\beta_1 = \arcsin\left(\frac{V_T}{V_c} \sin \alpha\right). \quad (2)$$

Момент времени начала торможения t_n определяется формулой:

$$t_n = \frac{D - S_\Sigma}{V_\Sigma},$$

а момент окончания торможения, очевидно, рассчитывается с помощью выражения $t_k = t_n + t_s$.

В рассмотренном случае учет течения при торможении производился выбором значения угла β , при котором смещение с программной траектории судна за время торможения равно сносу от течения, но имеет обратный знак. В результате этого к моменту остановки судно оказывается в заданной точке.

Однако при торможении судно перемещается не по программной траектории, оно вначале смещается относительно программной траектории в сторону, противоположную направлению течения, а затем при уменьшении скорости судна смещение сокращается и обращается в ноль к моменту завершения торможения.

Для того чтобы в процессе торможения судно оставалось на программной траектории движения, необходимо изменять угол течения, увеличивая его с падением скорости судна.

Текущее значение угла течения β_t можно найти с помощью выражения (2):

$$\beta_t = \arcsin\left(\frac{V_T}{V_t} \sin \alpha\right),$$

где V_t – текущее значение скорости судна.

При активном торможении для удержания судна на программной траектории движения угол течения β_t с учетом выражения (1) необходимо изменять по следующей формуле:

$$\beta_t = \arcsin\left(\frac{V_T}{\left(\frac{\sqrt{P}}{\sqrt{\mu}} \operatorname{tg}\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_0\right) - \frac{\sqrt{\mu P}}{(1+k)m} t\right]\right)} \sin \alpha\right).$$

Таким образом, учет течения при торможении с выходом в заданную точку возможен с помощью двух способов: при неизменном угле течения с наличием бокового смещения относительно программной траектории движения и с переменным углом течения при нулевом смещении.

Для судовой информационной компьютерной системы был разработан программный модуль, с помощью которого производилось имитационное моделирование.

Результаты активного торможения, когда судно следует путевым углом 60 градусов со скоростью 18 узлов, а течение со скоростью 2.5 узла имеет направление 315 градуса. показаны на рис. 1. Траектория со смещением относительно программной траектории реализована при постоянном угле течения 18 градусов, а удержание судна на программной траектории без смещения с растущим углом течения к концу маневра потребовало обеспечить угол течения равным 90 градусов, как следует из рис. 1.

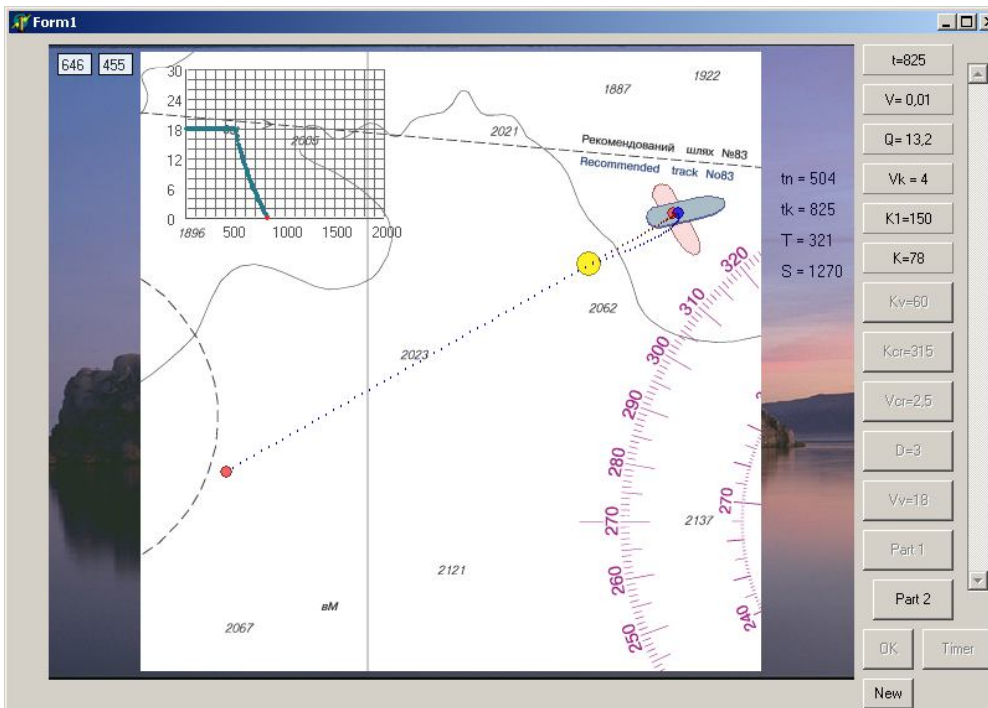


Рисунок 1 – Результаты активного торможения

Выводы. Таким образом, при торможении судна можно выйти в заданную точку, удерживая постоянный угол течения, но при этом возникает боковое смещение, величина которого вначале возрастает, а затем уменьшается до нуля. Если отклонение судна с заданной траектории нежелательно, то необходимо реализовать управление судном с переменным углом течения. Такая ситуация может возникнуть при плавании судна в районе с ограниченными глубинами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яркин П. И. Определение характеристик активного торможения судна. Альтернативный подход / Яркин П. И., Калиниченко Е. В. // Сб. научн. Трудов : «Судовождение», ОНМА. – Одесса : Феникс, 2003. – Вып. 6.
2. Яркин П. И. Определение характеристик разгона и подтормаживания судна. Альтернативный подход / Яркин П. И., Мальцев А. С., Калиниченко Е. В. // Вісник ОНМУ: Сб. научн. трудов. – Одесса ОНМУ, 2004. – Вып. 13. – С. 63-71.
3. Вагущенко Л. Л. Судно как объект автоматического управления / Л.Л. Вагущенко – Одесса : ОГМА, 2000. – 140 с.
4. Демин С. И. Торможение судна / Демин С. И. – М. : Транспорт, 1975. – 81 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОН ДВИЖЕНИЯ СУДНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

Лысый А.А.

Азовский морской институт Одесской национальной морской академии
(Украина, г. Мариуполь)

Вступление. В качестве одного из аналитических методов решения задач расхождения судов в ледовых условиях плавания в Азовском море предлагается использовать зоны движения судна (ЗДС). ЗДС определяется как часть акватории, занимаемая судном при выполнении определенного маневра за конкретное время его осуществления (время осуществления маневра).

Основная часть. Общая последовательность аналитического решения задачи безопасного расхождения с использованием ЗДС своего судна и сохранения курса и скорости встречных судов может быть определена следующим образом :

- фиксация начального положения и курса судна в абсолютной системе координат ХОУ;
- построение ЗДС своего судна за временный промежуток, равный отображению векторов скорости встречных судов;
- определение координат концов векторов судов в абсолютной системе координат ХОУ;
- определение величин

$$\text{Abs}(X_{\tau} - XI) = \Delta XI,$$

$$\text{Abs}(Y_{\tau} - YI) = \Delta YI.$$

Для судов, с которыми осуществляется расхождение и рассчитанных маневров своего судна, входящих в ЗДС. В этих выражениях:

I – номер судна, с которым осуществляется расхождение,

XI, YI – координаты вектора скорости встречного судна,

τ – маневр своего судна при котором определяется ΔXI_{τ} , ΔYI_{τ} .

Производится сравнение величин и определяется минимальная величина

$$\Delta X_{\tau} = \min \{ \Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \dots, \Delta X_N \}_{\tau},$$

$$\Delta Y_{\tau} = \min \{ \Delta Y_1, \Delta Y_2, \Delta Y_3, \dots, \Delta Y_N \}_{\tau}.$$

Для каждого маневра своего судна τ , входящего в ЗДС. Здесь N - количество судов, с которыми осуществляется расхождение.

Определяется максимальная величина

$$\Delta X_{\max \tau} = \max \{ \Delta X_{\tau} \},$$

$$\Delta Y_{\max \tau} = \max \{ \Delta Y_{\tau} \}.$$

По величинам $\Delta X_{\max \tau}$ и $\Delta Y_{\max \tau}$ определяется наиболее безопасный маневр своего судна τ , который приводит к расхождению на наибольшем расстоянии от самого опасного судна.

Выводы. В статье приведен способ упрощенного построения и использования ЗДС в существующих (САРП, РЛС), а также определяются преимущества решения задач расхождения с использованием ЗДС по сравнению с существующими способами в условиях ледового плавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексишин В. Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания: учебное пособие / В. Г. Алексишин, Л. А. Козырь, С. В. Симоненко. – Одесса : Феникс, М. : Транслит, 2009. – 518 с.
2. Антонов А. В. Системный анализ : учебник / А. В. Антонов. – М. : Высшая школа, 2004. – 454с.
3. Зуев В. А. Особенности плавания ледоколов в условиях мелководья / В. А. Зуев, В. К. Рыбаков // Проектирование, теория и прочность судов, плавающих во льдах : сб. научн. тр. НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Н.-Новгород : НГТУ, 2002. – С. 34-39.
4. Мальцев А. С. Теория и практика безопасного управления судном при маневрировании ; дис. докт. техн. наук: 05.22.16. – Одесса, 2007. – 395 с.

РЯТУВАЛЬНА ШЛЮПКА З ГІДРОХВИЛЬОВИМ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОМ І-ГО ПОКОЛІННЯ ТА ЇЇ НЕПРЯМЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Настасенко В.О.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Робота відноситься до засобів рятування на воді, зокрема – до суднових рятувальних шлюпок для екіпажів та пасажирів.

Рятувальні шлюпки використовуються на судах усіх типів, оскільки вони є найбільш надійними і потужними, а головне – керованими засобами рятування. Сучасні рятувальні шлюпки оснащені ДВЗ, тому період їх активної дії обмежений кількістю палива, що завантажено на її борт, а швидкість руху обмежена потужністю двигуна, які разом забезпечують дальність можливого ходу шлюпки. Зараз реєстрова кількість палива забезпечує, щонайбільше 1...1,5 доби активної дії, а швидкість шлюпки становить ≈ 6 вузлів, тому максимальна дальність її ходу – до 150 миль, яка у реальних умовах її протидії вітру і хвилям, та ходу галсами, зменшується на 50% і більше.

Актуальність дослідження. Потреба підвищення ефективності та надійності рятування екіпажів і пасажирів суден після аварії під час дії шторму, є актуальною, оскільки він може тривати значно довше, ніж 1,5 доби і зазвичай супроводжується складними умовами видимості та сильним вітром, що обмежують застосування рятувальної авіації, в якій реальні можливості вилучення пасажирів зі шлюпки забезпечують лише вертольоти. Окрім цього, їх дія обмежена дальністю до прибережних рятувальних служб, тому найбільш часто рятування забезпечують судна, що знаходяться поблизу місця аварії, а ефективність їх використання залежить від жвавості руху на даних ділянках морських шляхів. Окрім цього, швидкість руху хвиль у шторм значно більша 6 вузлів, яку розвивають сучасні рятувальні шлюпки, тому кожен годину вони віддаляються від місця подачі сигналу SOS на 3...6 миль, що додатково ускладнює умови їх пошуку. При цьому найбільш небезпечними є високі широти, де жвавість руху суден невелика, а ймовірність сильних штормів підвищена і є додаткова потреба у витраті палива на підігрів каюти шлюпки.

Постановка задачі. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що для рятувальних шлюпок доцільне збільшення активного часу протидії хвилям і вітру, а також швидкості їх ходу. Традиційним шляхом рішення цієї задачі є збільшення кількості палива і потужності двигуна, що потребує квадратичного збільшення відповідних запасів палива і збільшення маси двигуна. Однак цей шлях веде до зменшення корисного вантажу і пасажиромісткості шлюпки, окрім цього, збільшення запасів палива до 2 і 3-х діб може виявитися замалим, оскільки відомі випадки дрейфу шлюпки з пасажиром, до їх рятування, понад 8 діб, а у більшості випадків цей запас буде надмірним. В такому разі найбільш доцільним є пошук нових шляхів необмеженої дії шлюпки і розробка на його базі ефективних конструкцій, що є головними задачами виконаної роботи.

Пошук шляхів реалізації поставлених задач. Найбільш доцільним слід визначити варіант, коли енергетичні можливості шлюпки є необмеженими, але вони не розміщуються на борту шлюпки. Такими можуть бути лише зовнішні джерела енергії, якими для рятувальної шлюпки є енергія сонця, вітру і хвиль.

Оскільки потреба в додатковій енергії має місце і в темний час доби, і при послабленні сонячного світла штормовими хмарами, використання цього джерела енергії має суттєві обмеження.

Використання у рятувальних шлюпок енергії вітру теж проблематичне, оскільки йому, навпаки, треба протидіяти, окрім цього, зовнішні вітрила у сильний шторм можуть

бути пошкоджені вітром і хвилями, при цьому зростає ймовірність пошкодження їх уламками самої шлюпки.

Аналогічні недоліки мають усі відомі на цей час зовнішні гідрохвильові енергетичні установки [1], однак їх усувають 2 патенти Російської Федерації:

1) № 2396673, на новий вид гідрохвильових електричних генераторів маятникового типу [2], що напряду перетворюють механічну енергію хвиль в електричну енергію для дії приводу маршового електродвигуна;

2) № 2397104, на використання цього виду гідрохвильових електричних генераторів і варіантів їх установки в середині рятувальної шлюпки [3], що значно зменшує можливість їх пошкодження.

Другою їх перевагою є дія генераторів на протязі всього часу шторму та післяштормової хитаючи, і ця дія закінчується лише під час штилю, коли вже можливий ефективний пошук і рятування шлюпок зовнішніми засобами – супутниками та літальними апаратами, а також використання сонячної енергії.

Дані розробки є *об'єктом досліджень* виконуваної роботи і складають її *наукову новизну*.

Розробка гідрохвильових рятувальних шлюпок 1-го покоління та їх дослідження. Відомі конструкції гідрохвильових енергетичних установок [1] мають механічну частину, яка сприймає коливальний, або поступальний рух хвиль і перетворює його у крутний момент, що далі приводить у обертання електрогенератор.

Наявність досить складної механічної частини є суттєвим недоліком усіх відомих конструкцій гідрохвильових генераторів, оскільки вона не тільки зменшує їх ККД, а й найскоріше виходить з ладу і спроможна ефективно сприймати лише хвилі обмежених розмірів і потужності. Однак рятувальні шлюпки повинні протистояти ударам потужних і надпотужних хвиль, що змушує збільшувати міцність і розміри механічних елементів, в т.ч. – за рахунок втрати їх чутливості до малопотужних хвиль, що діють після шторму.

Головною відмінністю запропонованого генератора [2] від інших є те, що його статор, або ротор виконані статично незбалансованими, за рахунок чого вони, при вільному підвішуванні, отримують стійку орієнтацію до центру Землі. Якщо парний їм ротор чи статор, закріпити на остові шлюпки, яку коливають хвилі [3], то він отримує разом з нею можливість хитання під дією хвиль, а тоді, за рахунок відносно руху стійко орієнтованого до центру Землі ротора чи статора, і коливання парних їм роторів чи статорів, виникає ефект дії маятника і забезпечується вироблення електричної енергії.

Одержання електричної енергії генератором за рахунок енергії хвиль при хитанні ними шлюпки, робить її практично необмеженою, при її більшій, чи меншій потужності, і буде здійснюватися доти, доки будуть здійснюватися хоч які-небудь хвилі, тобто у весь час дії шторму. Зупинка генератора здійснюється лише у штиль, який можливий при безвітряній погоді після закінчення шторму.

Конструктивні виконання запропонованих генераторів, їх варіантів, а також варіантів їх встановлення на плаваючому засобі, показані на рисунках.

На рис. 1 і 2 показана шлюпка 1 з пристроєм для забезпечення її ходу, що складається з ходового гвинта 2, приводного електродвигуна 3 із батареєю акумуляторів чи конденсаторів 4 та генератора електричного струму 5, що має статор 6 і ротор (якір) 7 із загальною поздовжньою віссю O_6 , розташованою горизонтально.

У виконанні 1 – статор прикріплений на плиті 8 до шлюпки, а ротор встановлений у генераторі вільно від приводних пристроїв, з можливістю його хитання навколо своєї осі на кут $\pm \alpha$ від діючих на шлюпку хвиль, для чого центр його маси O_m виконаний ексцентрично зміщеним відносно осі його обертання O_p . Для збільшення ексцентриситету e_p на валу 9 ротора закріплений додатковий вантаж 10, яким може бути акумуляторна батарея чи конденсатори.

У виконанні 2 – вал ротору 9 закріплений на остові 11 шлюпки, а статор 6 вільно встановлений з можливістю хитання навколо своєї осі на кут $\pm \alpha$ від діючих на шлюпку

хвиль, при цьому центр його маси O_M має ексцентричне зміщення відносно осі обертання O_P за рахунок асиметрії власної конструкції, і/або за рахунок підвішування до лапок корпусу статора додаткових вантажів.

При цьому генератор виробляє електричний струм прямого та зворотного напрямку, який може бути розділений на потоки зі зведенням їх до однакової фази і направлений для зарядки батареї акумуляторів чи конденсаторів.

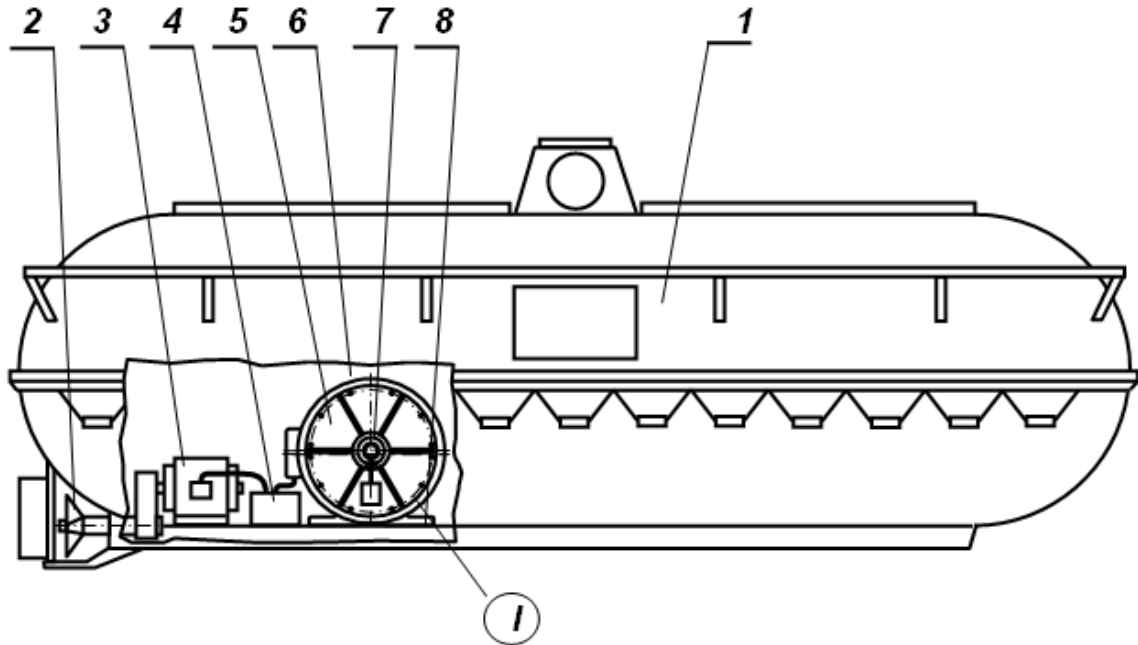


Рисунок 1 – Рятувальна шлюпка з гідрохвильовим електрогенератором за патентами Російської Федерації №№ 2396673 і 2397104.

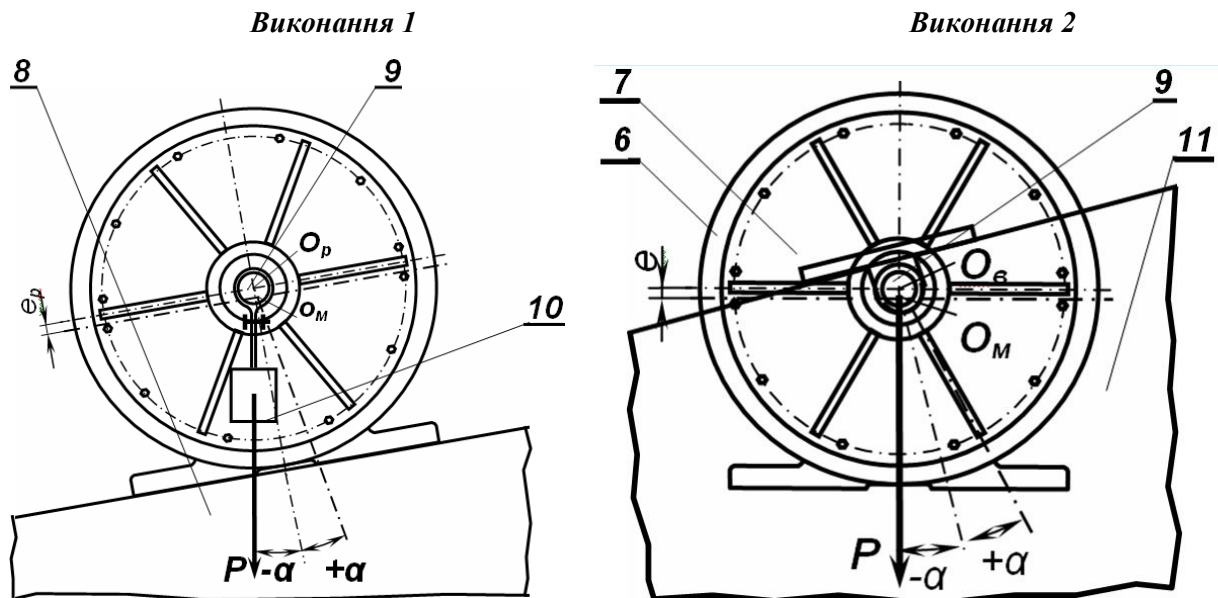


Рисунок 2 – Варіанти установки на рятувальній шлюпці запропонованих гідрохвильових електрогенераторів.

Непряме використання даного типу рятувальних шлюпок можливе за рахунок виробництва ними електричного струму під час ходу судна, якого достатньо для освітлення місця базування шлюпки та інших побутових потреб.

Однак аналіз даних конструкцій показав, що у більшості випадків сектор $\pm\alpha$ коливання частин електрогенератора становить $\approx \pm 15^\circ$, що суттєво зменшує його потужність, а для повної заміни ним ДВЗ, потрібний додатковий вантаж у 3...4 т, що

потребує відповідного збільшення габаритів і маси шлюпки. Окрім цього, установка таких генераторів на шлюпках вільного падіння практично неможлива, оскільки значні сили інерції від дії великих мас потребують суттєвого зміцнення місць їх кріплення, що веде до збільшення маси шлюпки.

Висновки. Запропонований в патентах РФ [2, 3] напрямок оснащення рятувальних шлюпок гідрохвильовими електроенергетичними установками маятникового типу є найбільш прогресивним, оскільки забезпечує їх роботу весь час дії шторму, однак потужності 1-го покоління шлюпок становлять 1...2 кВт, що достатньо для обслуговування пасажирів, але недостатньо для повної заміни ДВЗ, тому вони можуть бути рекомендовані, як додаткові. При цьому маса шлюпки зростає на масу електрогенератора і його додаткових мас, що потребує пошуку нових технічних рішень для усунення даних недоліків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України № 20793, М.Кл. F 03 В 13/12 Волновая энергетическая установка. Заявка № 95052487 від 23.05.95. Опубл. 27.02.98. Бюл. № 1.
2. Патент Російської Федерації на винахід № 2396673, МПК H02K 19/00 Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. Заявка №2009100832/09 від 12.01.09. Авт. Настасенко В. О. // БИ №22 від 10.08.10.
3. Патент Російської Федерації на винахід № 2397104, МПК В63С 9/02. Спасательная шлюпка с устройством для обеспечения ее хода и ее не прямое применение. Заявка №2009100835/09 від 12.01.09. Авт. Настасенко В. О. // БИ № 23 від 20.08.2010.

ОЦЕНКА КООРДИНИРУЕМОСТИ МАНЕВРОВ СУДОВ

Пятаков Э.Н.

Херсонский филиал Одесского морского тренажерного центра
(Украина)

Копанский С.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. Число столкновений судов в настоящее время остается на недопустимо высоком уровне. Снижение аварийности по указанной причине требует разработки корректных практических рекомендаций судоводителям, позволяющих произвести выбор безопасного маневра расхождения.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций.

Работы [1-4] посвящены принципам создания систем бинарной координации с оценкой их качества. Возможный вариант системы, содержащей два иерархических уровня, рассмотрен в работах [1,2], причем описание первого уровня приведено в публикации [2], а формализация второго уровня рассмотрена в статье [3]. Вопросу определения угрозы ситуационного возмущения при опасном сближении судов посвящена работа [4]. Совершенствование МППСС-72 предусматривает согласованность взаимодействия судов в ситуации опасного сближения, чему посвящена настоящая публикация.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данной работы является разработка процедуры оценки эффективности маневра расхождения судов изменением курса с предложением практических рекомендаций, направленных на повышение безопасности расхождения судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Основной характеристикой бинарного взаимодействия V_z , которое определяет стратегии расхождения D_1 и D_2 пары судов c_1 и c_2 , является координируемость, т.е. согласованность, стратегий $Coor(D_1, D_2)$.

Стратегии являются координируемые, если их совместное применение ведет к увеличению дистанции кратчайшего сближения D_{min} , в этом случае $Coor(D_1, D_2)=1$. Если же D_{min} в результате использования стратегий D_1 и D_2 уменьшается, то $Coor(D_1, D_2)=-1$.

Рассмотрим ситуацию, когда для расхождения судно изменяет курс при неизменных параметрах движения цели и исследуем закономерности изменения дистанции кратчайшего сближения D_m судна с целью в зависимости от курса судна K_1 . Другими словами, необходимо найти аналитическое выражение первой производной дистанции кратчайшего сближения по курсу судна $\frac{\partial D_m}{\partial K_1}$, и произвести его анализ при изменении K_1 .

С этой целью вначале найдем выражение дистанции кратчайшего сближения D_m , для чего обращаемся к рис. 1.

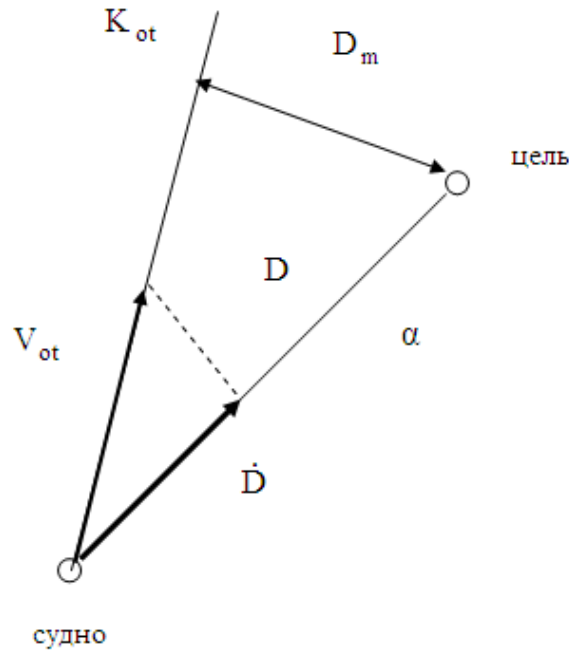


Рисунок 1 – К определению величин \dot{D} и D_m

Из рис. 1 следует, что значение D_m определяется выражением:

$$D_m = D \sin(\alpha - K_{ot}), \quad (1)$$

где D и α – дистанция и пеленг на цель; K_{ot} – относительный курс, который является функцией курса K_1 .

Ситуация опасного сближения возникает лишь при уменьшении текущей дистанции, при этом $\dot{D} < 0$. В дальнейшем потребуется выражение для скорости изменения текущей дистанции \dot{D} , которое также можно получить из рис. 1. Учитывая, что в относительном движении неподвижной является цель, то:

$$\dot{D} = -V_{ot} \cos(\alpha - K_{ot}). \quad (2)$$

Дифференцируя выражение (1), получим:

$$\frac{\partial D_m}{\partial K_1} = -D \cos(\alpha - K_{ot}) \frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$$

или

$$\frac{\partial D_m}{\partial K_1} = -\frac{V_{ot}}{V_{ot}} D \cos(\alpha - K_{ot}) \frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}.$$

С учетом выражения (2) последнее уравнение принимает вид:

$$\frac{\partial D_m}{\partial K_1} = -\frac{D}{V_{ot}} \dot{D} \frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}.$$

Знак производной $\frac{\partial D_m}{\partial K_1}$ также зависит от соотношения величин α и K_{ot} , которое обозначим q . Знак величины q определяется знаком $\sin(K_{ot} - \alpha)$, т.е. $q = \text{sign}[\sin(K_{ot} - \alpha)]$.

При сближении судов $\dot{D} < 0$, поэтому можно записать:

$$\text{sign}\left(\frac{\partial D_m}{\partial K_1}\right) = q \text{sign}\left(\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}\right). \quad (3)$$

Рассмотрим производную $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$. Из работы [5]:

$$\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1} = \frac{V_1[V_1 - V_2 \cos(K_1 - K_2)]}{V_{ot}^2}.$$

Обращаем внимание на то, что знак выражения $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$ соответствует знаку выражения $V_1 - V_2 \cos(K_1 - K_2)$.

Анализ полученного выражения для первой производной $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$ показывает, что в случае $V_1 > V_2$ первая производная положительная для всех значений K_1 . Если же $V_1 < V_2$, знак первой производной может иметь как положительное, так и отрицательное значения.

Это означает, что в первом случае ($V_1 > V_2$) относительный курс K_{ot} может принимать любые значения от 0 до 2π , а при $V_1 < V_2$ область значений K_{ot} ограничивается экстремальными значениями, которые обозначим K_{otmin} и K_{otmax} . Этим относительным курсам соответствуют курсы судна K_{1min} и K_{1max} , которые получены в работе [6]:

$$K_{1min} = K_2 + \arccos \rho \quad \text{и} \quad K_{1max} = K_2 - \arccos \rho,$$

где $\rho = V_1 / V_2$.

Экстремальные значения относительных курсов K_{otmin} и K_{otmax} из той же работы равны:

$$K_{otmin} = \pi + K_2 - \arcsin \rho, \quad K_{otmax} = \pi + K_2 + \arcsin \rho.$$

Следовательно, при $\rho < 1$ для всех истинных курсов судна K_1 из диапазона от 0 до 2π относительный курс будет принимать значения из диапазона $[K_{otmin}, K_{otmax}]$. Если же $\rho \geq 1$, то относительный курс изменяется от 0 до 2π при изменении истинного курса судна K_1 в тех же пределах.

Таким образом, при $\rho \geq 1$ знак производной $\frac{\partial D_m}{\partial K_1}$ определяется выражением:

$$\text{sign}\left(\frac{\partial D_m}{\partial K_1}\right) = q.$$

В случае $\rho < 1$ производная $\frac{\partial D_m}{\partial K_1}$ имеет следующий знак:

$$\text{sign}\left(\frac{\partial D_m}{\partial K_1}\right) = \begin{cases} q, & K_1 \in (K_2 + \arccos \rho, K_2 - \arccos \rho), \\ -q, & K_1 \in (K_2 - \arccos \rho, K_2 + \arccos \rho). \end{cases}$$

Для оценки координации совместного маневра изменения курсов судна и цели получено выражение для смешанной производной дистанции кратчайшего сближения по курсу судна K_1 и курсу цели K_2 :

$$\frac{\partial D_{\min}}{\partial K_1 \partial K_2} = G_s \left\{ \left[\mp \frac{DV_1}{V_0^3} V_1 V_2 \sin(K_1 - K_2) \right] \frac{[V_1 - V_2 \cos(K_1 - K_2)]}{V_0^2} + \right. \\ \left. + \frac{DV_1}{V_0} \times \frac{\mp V_2 \sin(K_1 - K_2) \{V_0^2 - 2V_1[V_1 - V_2 \cos(K_1 - K_2)]\}}{V_0^4} \right\} [V_2 \cos(K_2 - \alpha) - V_1 \cos(K_1 - \alpha)] + \\ + \frac{DV_1}{V_0} \frac{[V_1 - V_2 \cos(K_1 - K_2)] [-V_2 \sin(K_2 - \alpha)]}{V_0^2} \left. \right\}.$$

В последней формуле перед некоторыми членами стоит знак « \mp », что означает применение соответствующего знака «+» или «-» в зависимости от направлений одновременного поворота судна и цели.

Выводы. Таким образом, стратегии судов D_1 и D_2 являются координируемыми, т.е. $\text{Coord}(D_1, D_2) = 1$, в ситуации изменения курса только судном, если $\frac{\partial D_m}{\partial K_1} > 0$,

а в случае изменения курса обоих судов, если $\frac{\partial D_{\min}}{\partial K_1 \partial K_2} > 0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якушев А. О. Выбор оптимальной формы судовой безопасной зоны / А. О. Якушев // Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 23. – Одесса : «ИздатИнформ», 2013. – С. 157-162.
2. Пятаков Э. Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Пятаков Э. Н., Заичко С. И. // Судовождение. – 2008. – № 15. – С. 166-171.
3. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н. Н., Бурмака И. А., Тюпиков Е. Е. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.
4. Пятаков Э. Н. Совершенствование методов координации судов при расхождении. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.13/ ОНМА. – Одесса, 2008. – 23 с.
5. Заичко С. И. Возможности синтеза системы формирования стратегий расхождения группы судов / Заичко С. И., Пятаков Э. Н. // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 63-66.
6. Пятаков Э. Н. Требование к процедуре формирования второго уровня иерархической системы управления взаимодействием судов / Пятаков Э. Н. // Судовождение. – 2007. – № 13. – С. 145-148.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА СУДАХ ТИПА RO-RO/LO-LO

Сагин С.С.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Каждое судно с целью пожарной безопасности оборудуют системами пожаротушения, которые предназначены для локализации, а также быстрого и беспрепятственно тушения пожара. Целью создания этих систем является защита экипажа, пассажиров, а также сохранение перевозимого груза, материальных ценностей в судовых помещениях и поддержание остойчивости судна. Пожарная безопасность на судах является чрезвычайно важной. Суда являются автономными, их помещения с разной степенью пожарной опасности располагаются рядом, в их конструкциях есть горючие материалы, в помещениях есть источники зажигания, пути эвакуации ограничены. Названные факторы, повышают пожарную опасность судов. В связи с этим вопросы обеспечения безопасности людей при авариях или пожарах на судах являются особенно актуальными. Суда проектируют и строят по специальным правилам. Нормы безопасности в этих правилах постоянно совершенствуют с учетом мирового опыта.

Актуальность исследования. Пожар на судне, особенно в открытом море, одно из самых больших бедствий. Ежегодно 2...4% сухогрузных и пассажирских судов подвергаются разрушающему действию пожара, но случаи гибели судов этого типа весьма малочисленны. Эффективность борьбы с пожаром зависит от места нахождения очага пожара, конструктивных особенностей судна, вида горящего материала, количества членов экипажа и комплектности, состава противопожарного оборудования и его качества.

Чтобы выполнить эффективные действия в борьбе с пожаром, необходима точная согласованность действий, которая отрабатывается в процессе систематических учений и тренировок, специально подготовленными для этого матросами, на конкретном судне.

Успех борьбы с огнем в значительной мере зависит от своевременного обнаружения очага пожара. Для этого суда оборудованы различными сигнальными системами, позволяющими обнаружить пожар в самом его начале. Пожарная система является важнейшей системой общесудового назначения, обеспечивающей целостность судна, сохранность груза и охрану жизни членов экипажа и пассажиров. К пожарной системе предъявляют определенные требования. Существует много типов сигнальных систем, но все они работают по принципу обнаружения: повышение температуры, появление дыма и открытого пламени. При срабатывании извещателя, замыкается электрическая сеть, в результате на ходовом мостике загорается сигнальная лампа и включается звуковой сигнал тревоги.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения.

Пожарная безопасность – это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения используются необходимые меры по устранению негативного влияния опасных факторов пожара на людей, сооружения и материальные ценности. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Поэтому предупреждению пожаров на судах и мерам борьбы с огнем придается первостепенное значение.

Постановка задачі. Конструктивное исполнение судов типа Ro-Ro/Lo-Lo имеет следующие особенности. Помимо того, что на таких судах имеется кормовая или боковая рампа для выгрузки и погрузки накатной техники, на них также имеются грузовые краны, которые выполняют функцию формирования вертикальной загрузки Lo-Lo (Lift-on/Lift-off). На таких судах, как правило, имеются 2..3 трюма и твиндечная палуба, которая может быть сплошной во всю длину судна. Отсюда и возникает необходимость грузовых кранов для открытия верхних люковых закрытий и твиндечных перекрытий.

Независимо от имеющейся на судне спринклерной системы, грузовые, жилые и служебные помещения судна оборудованы электронной системой обнаружения пожара и сигнализации, основанной на контроле за атмосферой помещений. Датчики установлены во всех помещениях, в которых существует риск возникновения пожара. На таких судах, как правило, устанавливают один из следующих типов детекторов. Оптические детекторы (дымовые датчики) - срабатывают при пожаре в помещении с образованием дыма или газообразных продуктов горения, содержащих for detection of combustion gases mainly transmitting small particles. Ионические дымовые детекторы (Ion chamber smoke detector) – для определения газов и дыма, содержащих мелкие видимые частицы). По стандартным расположением дымовых датчиков, они присутствуют как на переборках трюмов, так и на перекрытиях твиндека и верхних люковых закрытий. На переборках располагаются стационарно установленные датчики с подведенным к ним питанием. На аналогичных датчиках, установленных на перекрытиях и люковых закрытиях, постоянного питания не подводится. Это связано с выполнением грузовых операций, требующих открытого положения крышек. Кроме того, возможно возникновение ситуация когда, из-за перевозки крупно габаритного груза твиндечные перекрытия остаются открытыми, и располагаются на свободном месте грузового трюма. При этом вместе с ним перемещаются и перестают выполнять свое функциональное назначение дымовые датчики, расположенные на твиндечных перекрытиях.

Результаты исследования. Чтобы полностью обеспечить противопожарную безопасность в грузовых трюмах судов типа Ro-Ro/Lo-Lo необходимо обеспечить работоспособность всех дымовых датчиков. В нашем типе судна мы уделяем особое внимание датчикам на твиндечных крышках и верхних люковых закрытиях, т.к. питание у них не постоянное. Для этого на крышках от дымовых датчиков проводят кабель питания, закрепляя его на крышке, чтоб он не провисал. При постановке крышки на стационарное положение подключают его к электропитанию. Такую процедуру приходится делать для каждой крышки постоянно после ее передвижения, так как при открытие крышки вы выключаете дымовые датчики от электропитания. На всех современных судах имеется панель работоспособности стационарных дымовых датчиков, к которой, как правило, нестационарные дымовые датчики не подключаются. Отсюда и возникает очередной риск возникновения пожаров в грузовых помещениях судах Ro-Ro/Lo-Lo. Для решения этой проблемы необходимо после каждой грузовых операций посылать специализированного человека для проверки соединения всех дымовых датчиков с электропитанием, а также обеспечить суда новейшими система пожарной сигнализации (Fire Alarm System), или добавить отдельную панель для проверки подключения всех дымовых датчиков, которые не имеют стационарного питания.

Вывод. Система обнаружение пожара в наше время является очень эффективной, поэтому необходимо постоянно поддерживать ее в работоспособности, регулярно проводить тесты на проверку всех дымовых датчиков и их состояние. Из рассмотренной ситуации, необходимо понимать, что все это необходимо для безопасности экипажа. Соблюдение всех мер предосторожности и профессиональных знаний и опыта, поможет вам максимально безопасно обеспечить себя.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Сторожев В.П.

Одесский национальный морской институт
(Украина)

Малооборотные двигатели и гребные валы морских судов являются ответственными объектами судовых технических средств, которые обеспечивают надежность судов.

Цель данных исследований заключается в определении необходимых мероприятий, направленных на повышение надежности деталей судовых технических средств.

Надежность судовых деталей зависит от их качества, которое определяется конструктивными, производственными и эксплуатационными показателями. Эти показатели взаимосвязаны между собой. На практике причинами снижения надежности является одновременное влияние всех этих показателей. В конечном итоге, надежность деталей зависит от вероятностного значения каждого из составляющих показателей. Таких показателей достаточно много. Однако после определенного анализа нами выбраны, как наиболее существенные, имеющие практическое значение ресурс, себестоимость и трудоемкость восстановленной детали. Все эти показатели являются величинами случайными и носят вероятностный характер. Они зависят от выбора основных и восстанавливаемых материалов, режимов обработки, качества и точности обрабатываемых поверхностей, квалификации рабочего и др. Поэтому при математической обработке результатов исследований возможно применение методов теории вероятности. На основе этого можно построить график, показывающий взаимосвязь трех величин надежности: ресурса, себестоимости и трудоемкости. Такие графики строят по правилу умножения вероятностей: Вероятность совместных событий равна их произведению. Если обозначить N_p – надежность ресурса, N_c – надежность себестоимости, N_T – надежность трудоемкости, а N_d – надежность эксплуатации детали, то:

$$N_d = N_p \times N_c \times N_T.$$

Если N_p , N_c , и N_T откладывать на трех осях x , y , z , то N_d обозначится на графике точками, полученными при перемножении этих вероятностных значений.

Совокупность точек, имеющих одинаковые значения N_d , образуют кривую поверхность. Любая из этих поверхностей показывает взаимосвязь трех величин N_p , N_c и N_T и их влияние на N_d .

В данном случае под надежностью эксплуатации деталей понимается вероятностное появление отказа. Оно зависит от совокупности вероятностей составляющих величин, учитывающих влияние конструктивных, производственных и эксплуатационных показателей. При этом P – ресурс детали определяет продолжительность работы, T – трудоемкость определяет качество и точность обработки, C – себестоимость определяет стоимостные показатели. Каждый из этих параметров можно определить расчетным, экспериментальным способами либо в результате обработки данных исследований статистических материалов. При построении графиков надежности эксплуатации деталей максимальные значения каждого из составляющих элементов принимается равным единице и в соответствующем масштабе откладываются на осях.

Усредненная стоимость ремонта головок поршней диаметром (750 – 900) мм составляет около 1400 у.е., а усредненная стоимость ремонта гребных валов \varnothing (650 – 850) мм составляет примерно 5750 у.е. С каждым последующим ремонтом стоимость таких работ увеличивается на $\sim (15 - 20)\%$, а долговечность уменьшается на $\sim (10 - 15)\%$.

Ниже приведены данные (таблица 1) ремонта головок поршней малооборотных двигателей и гребных валов (таблица 2) с учетом ресурса, себестоимости и долговечности, а также влияние их на надежность эксплуатации судовых технических средств.

Таблица 1 – Данные ремонта головок поршней малооборотных двигателей и гребных валов

<i>1-й ремонт</i>	<i>2-й ремонт</i>	<i>3-й ремонт</i>
P = 8 000 ч.	P = 11 000 ч.	P = 12 000 ч.
T = 24 ч.	T = 31 ч.	T = 35 ч.
C = 1200 у.е.	C = 1500 у.е.	C = 1700 у.е.
$H = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$	$H = 0,72 \cdot 0,78 \cdot 0,80 = 0,45$	$H = 0,67 \cdot 0,69 \cdot 0,71 = 0,33$

Таблица 2 – Данные ремонта головок поршней малооборотных двигателей и гребных валов с учетом ресурса, себестоимости и долговечности

<i>1-й ремонт</i>	<i>2-й ремонт</i>	<i>3-й ремонт</i>
P = 5 лет	P = 7 лет	P = 9 лет
T = 72 ч.	T = 79 ч.	T = 89 ч.
C = 5500 у.е.	C = 5900 у.е.	C = 6200 у.е.
$H = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$	$H = 0,71 \cdot 0,91 \cdot 0,93 = 0,61$	$H = 0,56 \cdot 0,87 \cdot 0,89 = 0,77$

Зная усредненные значения стоимости ремонта, трудоемкости и ресурса головок поршней малооборотных двигателей, гребных валов, деталей судовых насосов и др. в данный момент и в последующие ремонты можно их сопоставить.

Выводы. Приведенные статистические данные таблицы 1 и таблицы 2 дают возможность ориентироваться с учетом вероятностного происхождения дефектов, возникающих в деталях судовых технических средств на последующие значения их трудоемкости, стоимости и долговечности. Это необходимо учитывать при ремонте судовых технических средств.

ІНШОМОВНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ МОРЯКА ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ МОРЕПЛАВСТВА. ПСИХОТЕХНІЧНИЙ ПРАКТИКУМ

Тирон О.М.

Київська державна академія водного транспорту
імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
(Україна)

Вступ. Компетентність моряків є найбільш важливим фактором в забезпеченні безпечної та ефективної експлуатації суден і має безпосередній вплив на безпеку людського життя на морі і захисту морського середовища.

Поєднавши інформацію, отриману в результаті теоретичного вивчення психолого-педагогічних засад формування іншомовної компетентності моряків та результати емпіричного дослідження, що проводилось протягом трьох років зі студентами факультету судноводіння Київської державної академії водного транспорту, ми пропонуємо власне визначення іншомовної компетентності моряка. *Іншомовна компетентність моряка* – це вміння забезпечувати безпеку мореплавства та життєдіяльності в різних сферах засобами англійської мови.

Актуальність дослідження. Створення психолого-педагогічного супроводу – це заключний етап дослідження чинників формування іншомовної компетентності майбутніх моряків. Ми пропонуємо психотехніки та ігри для використання на практичних заняттях з англійської мови. Тож актуальність даного етапу дослідження зумовлена можливостями широкого практичного застосування в закладах підготовки кадрів для морської галузі.

Методичною і теоретичною основою створення психолого-педагогічного супроводу формування іншомовної компетентності майбутніх моряків послужили праці відомих психологів та педагогів, директивні документи міжнародних морських організацій.

Ми використовували базові положення методики викладання іноземної мови А. Анісімова, Л. Кошової [1], Н. Гальської, Н. Гез [2], Т. Дмитренко [4], О. Тарнопольського [9]. Мовна комунікація та навчання іноземним мовам Є. Шубіна [11], комунікативний підхід Т. Китайгородської [5] та В. Скалкина [8], нетрадиційні методики Д. Никулічевої [7] надихнули на створення власних вправ для формування іншомовної компетентності. Вибір вправ та розробка їх практичного застосування проводилось на основі праць науковців- психологів, що розробили різні види тренінгів, таких як тренінг толерантності Т. Солдатової, Л. Шайгорової, О. Шарова [10], тренінг формування емпатії О. Горбатової [3] та інші.

Ми створювали їх у відповідності до загальноєвропейських рекомендацій з мовної освіти, що описані С. Ніколаєвою [6]. Запропоновані нами техніки відповідають цілям програми англійської мови професійного спрямування, що рекомендована Міністерством освіти України.

Формуючи психолого-педагогічний супровід формування іншомовної компетентності моряків, ми керувалися такими положеннями:

- морська англійська мова складається з загальної англійської мови для повсякденного спілкування в різних сферах та англійської мови професійного спрямування для виконання функціональних обов'язків;
- найбільш значимі утруднення спілкування в рейсі в міжнародному екіпажі пов'язані з життєдіяльністю та культурними розбіжностями;
- мовні та комунікативні утруднення рівно значимі при іншомовному спілкуванні в міжнародному екіпажі.

Ми визнаємо такі компоненти іншомовної компетентності моряка:

Змістовно-процесуальний компонент, що включає:

- лінгвістичний аспект– що включає ключові знання про іноземну мову як систему, а саме: лексику, граматику, фонетику.
- соціо-стратегічний аспект– що включає знання соціокультурної інформації про основні країни- постачальники трудового ресурсу для міжнародної морської галузі, а саме: загальні відомості про ці країни, етикет, національні особливості та ціннісні орієнтації їх представників та вміння обирати засоби (стратегії) для реалізації ефективної міжкультурної комунікації.
- когнитивний аспект- включає інтелектуальні можливості моряка, його готовність до комунікативно-розумової діяльності іноземною мовою.

Мотиваційно-цільовий компонент – що включає особисті характеристики, що виражають потребу особистості в спілкуванні, ставлення до інших людей, лідерський потенціал, усвідомлення необхідності навичок спілкування для досягнення означеної мети.

Соціально-моральний компонент – що включає особистісні характеристики, що відображають морально-етичні якості, стійкість ціннісних орієнтацій при взаємодії з різними соціальними групами.

Профорієнтаційний компонент – що включає знання стандартних фраз спілкування на морі у відповідності до вимог Міжнародної морської організації; знання термінів у відповідності до спеціальності, що вивчається.

Формування іншомовної компетентності моряка – це формування додаткових (окрім загальних лінгвістичних) вмінь та навичок для реалізації її компонентів, а саме:

- навички володіти силою голосу;
- навички аудітора;
- вміння адекватного ставлення до ризику;
- вміння контролювати мовну та загальну тривожність;
- вміння контролювати агресивність;
- -вміння долати культурологічні утруднення та навички адекватного міжнаціонального спілкування;
- розвиток емоційного інтелекту;
- розвиток рівня спроможності до емпатії та навички міжпоколісного спілкування;
- навички мовлення в конфліктних ситуаціях;
- навички міжрангового мовлення;
- вміння впроваджувати в повсякденне життя групові цінності та норми;
- організаторські та комунікативні навички.

Таким чином, ми сформували 3 основні блоки психотехнічних вправ, які представлені у таблиці.

Таблиця 1 – Класифікація тренінгових вправ для формування іншомовної компетентності майбутніх моряків (за результатами емпіричної частини дослідження)

I.	Формування іншомовної компетентності для виконання функціональних обов'язків (психолінгвістичний аспект).
1.	Вправи на удосконалення особистого семантичного мовного профілю.
2.	Вправи на удосконалення особистого профілю аудітора.
II.	Формування іншомовної компетентності для подолання утруднень життєдіяльності на судні в умовах рейсу.
1.	Вправи на формування адекватного ставлення до ризику.
2.	Вправи на зниження загальної та мовної тривожності.
3.	Вправи на подолання культурологічних утруднень та розвиток навичок адекватного міжнаціонального спілкування.
4.	Вправи на розвиток організаторських та комунікативних навичок.
III.	Формування іншомовної компетентності для подолання утруднень спілкування.

Продовження табл. 1.

1.	Вправи на підвищення рівня спроможності до емпатії.
2.	Ситуативне мовлення в конфліктних ситуаціях.
3.	Вправи контролю агресивності.
4.	Вправи на усвідомлення особистих та групових цінностей і норм.
5.	Вправи на розвиток емоційного інтелекту.

Зразок психологічної вправи.

Вправа «По той бік дороги».

Робоча мова – англійська.

Мета вправи: виявити, наскільки толерантною є група; сприяти розвитку навичок аудіювання.

Хід вправи: Запросити учасників стати посередині кімнати. У центрі проходить уявна дорога. Викладач називає певні твердження. Ті учасники, які погоджуються з цими висловами, мають перейти на праву сторону «дороги», а ті, хто не погоджується на ліву. При цьому слід, щоб учасники звернули увагу на те, хто з ними по один бік дороги.

Твердження:

- Я завжди мріяв бути моряком.
- Я займаюсь спортом.
- Важливо під час спілкування завжди уникати сварок і конфліктів.
- Я ніколи не дивлюсь телевізор.
- Дуже легко спілкуватися з людиною, в якої високе самооцінювання.
- Я люблю морозиво.
- У конфлікті завжди можна визначити «сторону, яка має рацію» і «сторону, яка не має рації».
- Я не люблю відпочивати на морі.
- Мене дратують люди, які нав'язують свої погляди.
- Я люблю читати детективи.
- Мені з власного досвіду знайомий внутрішній конфлікт, зумовлений, з одного боку, бажанням добре поїсти, а з іншого боку - бажанням мати стрункий стан.

Коментарі для викладача. Зверніть увагу студентів, що не слід оцінювати чи засуджувати погляди інших, кожен може мати свої погляди, з якими можна погоджуватися чи ні. Засуджувати можна лише дискримінаційні чи насильницькі дії.

Ми розробили близько 50 психотехнічних вправ та ігор та проводимо формуючий експеримент по їх застосуванню. Отримані нами результати дозволяють стверджувати про ефективність запропонованих психотехнічних методів.

Висновки. Процес глобалізації, що охопив морську індустрію, призвів до того, що формування змішаних екіпажів- загальноприйнята практика. Для злагодженого та безпечного функціонування таких екіпажів, моряки мають виявляти достатній рівень сформованості іншомовної компетентності. Ми зазначаємо, що з огляду на визначені компоненти іншомовної компетентності моряка, їх формування - це не тільки лінгвістична задача, а й психолого-педагогічна.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з поглибленим вивченням психологічних механізмів формування іншомовної компетентності майбутніх моряків в межах системи освіти; вивченням факторів, які зможуть активізувати формування високого рівня становлення всіх компонентів іншомовної компетентності моряка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анісімова А. І. Сучасні аспекти методики викладання англійської мови. Теорія і практика / А. І. Анісімова, Л. С. Кошова – Д. : РВВ ДНУ, 2010. – 326 с.
2. Гальскова Н. Д. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика. учебн. пособие для студ. лингв. ун-тов и фак. ин. яз. высш. пед. учебн.

Заведений / Н. Д. Гальскова, Н. И. Гез.-3 изд., стереот. – М. : Изд. центр академия, 2006. – 226 с.

3. Горбатова Е. А. Теория и практика психологического тренинга : учебное пособие / Е. А. Горбатова. – СПб. : Речь, 2008. – 320 с.

4. Дмитренко Т. А. Методика преподавания английского языка в вузе. Учебное пособие / Т. А. Дмитренко. – М. : МЭЛИ, 2009. – 92 с.

5. Китайгородская Т. А. Методические основы интенсивного обучения иностранным языкам. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 175 с.

6. Ніколаєва С. Ю. Загальноєвропейські Рекомендації з мовної освіти: вивчення, викладання, оцінювання / наук. ред. укр. видання д.пед.н., проф. С. Ю. Ніколаєва. – К. : Ленвіт, 2003. – С. 24-73.

7. Никуличева Д. Б. Как найти свой путь к иностранным языкам : Лингвистические и психологические стратегии полиглотов : учебн.-метод. пособие / Д. Б. Никуличева. – М. : Флента Наука, 2009. – 304 с.

8. Скалкин В. Л. Обучение диалогической речи / В. Л. Скалкин. – К. : Радянська школа, 1989. – 158 с.

9. Тарнопольський О. Б. Методика навчання іншомовної мовленнєвої діяльності у вищому мовному закладі освіти. Навчальний посібник / О. Б. Тарнопольський. – К. : ІНКОС, 2006. – 248 с.

10. Солдатова Г. У. Жить в мире с собой и другими : Тренинг толерантности для детей и подростков / Г. У. Солдатова, Л. А. Шайгерова, О. Д. Шарова. – Одесса, 2000.

11. Шубин Э. П. Языковая коммуникация и обучение иностранным языкам / Э. П. Шубин. – М. : Просвещение, 1972. – 350 с.

РАСЧЕТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ШТАБЕЛЕЙ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ В ТРЮМЕ «КОАСТЕРА»

Хомяков В.Ю., Савчук В.Д.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. При одновременной перевозке в трюме «коастера» нескольких видов навалочных грузов такие суда необходимо загружать так, чтобы не было смешения.

Актуальность исследований. Рейсовые наблюдения, которые были выполнены при перевозке различных видов навалочных грузов между портами Северного и Балтийского морей, подтвердили необходимость разработки метода расчета параметров отдельных штабелей исходя из условия предотвращения их смешивания.

Целью данной работы является возможность расчета размеров штабелей навалочных грузов при условии предотвращения их смешивания.

Постановка задачи. Разработать метод расчета оптимальных параметров штабелей различных навалочных грузов при их одновременной перевозке. Методика расчета высоты штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «коастер» изложена в работе [1]. Смещение центра тяжести штабеля навалочного груза при загрузке судов этого типа рассмотрено в материалах [2], а диаграмма графического расчета массы навалочных грузов при перевозке с «естественной» сепарацией представлена в работе [3].

Результаты исследований. Если отсутствует дифферент судна, то продольное сечение штабелей груза, в зависимости от их объема, имеет форму равнобедренного треугольника (рис. 1, III) или равнобедренной трапеции (рис. 1, II), углы при основании которых равны углам естественного откоса для данного груза. Штабеля груза, расположенные в крайних частях трюма, в том же сечении приобретают форму прямоугольного треугольника либо прямоугольной трапеции (рис. 1, I, IV).

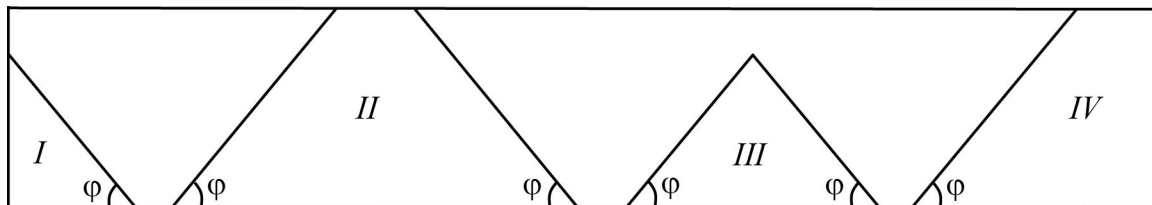


Рисунок 1 – Расположение штабелей груза при отсутствии дифферента

В процессе погрузки, возникает дифферент судна и углы при основании этих треугольников или трапеций изменяются на угол дифферента: один из углов увеличивается, другой – уменьшается (рис. 2).

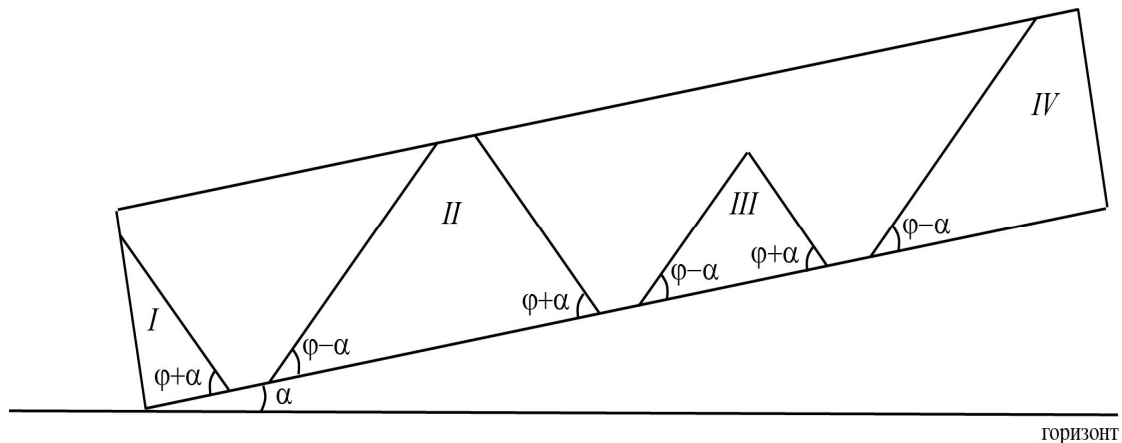


Рисунок 2 – Расположение штабелей груза при наличии дифферента

Предположим, что в трюме необходимо разместить n (обычно $2 \leq n \leq 5$) видов грузов, так, чтобы при погрузке, транспортировке и выгрузке, эти грузы не смешивались. Массу, насыпную плотность, угол естественного откоса для каждого из грузов обозначим m_k , ρ_k и φ_k соответственно. Размеры трюма: длина L , ширина d и высота H , а угол дифферента – α . Каждый отдельный штабель груза разместим в центральной, носовой и кормовой части трюма.

Для грузов просчитываем форму, габариты и площадь штабеля при каждом из вариантов размещения (корма, центр, нос). Треугольная форма штабеля возможна при выполнении условий (3, 4, 5) соответственно.

Если задана масса навалочного груза m , его насыпная плотность ρ и ширина трюма d , то площадь продольного сечения штабеля такого груза $S = \frac{m}{\rho d}$. Отсюда определяем необходимую высоту треугольного штабеля

$$h = \sqrt{\frac{2S}{\text{ctg}(\varphi - \alpha) + \text{ctg}(\varphi + \alpha)}} \quad (1)$$

и его основание

$$L = AD = \sqrt{2S(\text{ctg}(\varphi - \alpha) + \text{ctg}(\varphi + \alpha))} \quad (2)$$

Если рассчитанная высота не превышает высоту трюма H ,

$$\sqrt{\frac{2S}{\text{ctg}(\varphi - \alpha) + \text{ctg}(\varphi + \alpha)}} \leq H \quad (3)$$

то штабель груза может иметь треугольную форму.

Штабель груза треугольной формы вида I (рис. 2) рассчитывается аналогичным образом, но вместо $\triangle ABD$ необходимо рассмотреть $\triangle BM_2D$ или $\triangle ABM_2$. Получим соответственно для $\triangle BM_2D$

Условие возможности использования треугольной формы для $\triangle BM_2D$ и $\triangle ABM_2$ соответственно:

$$\sqrt{\frac{2S}{\text{ctg}(\varphi + \alpha)}} \leq H \quad (4)$$

$$\sqrt{\frac{2S}{\text{ctg}(\varphi - \alpha)}} \leq H \quad (5)$$

При выполнении этих условий определяем длину нижнего основания $L_{kк}$, $L_{kц}$, L_{kn} штабеля груза по формулам (2, 6, 9).

Штабель груза треугольной формы вида I (рис. 2) может быть рассчитан аналогичным образом, но вместо $\triangle ABD$ необходимо рассмотреть $\triangle BM_2D$ или $\triangle ABM_2$. Получим соответственно для $\triangle BM_2D$

$$h = \sqrt{\frac{2S}{\text{ctg}(\varphi + \alpha)}} \quad (6)$$

$$L = \sqrt{2S \text{ctg}(\varphi + \alpha)} \quad (7)$$

и для $\triangle ABM_2$

$$h = \sqrt{\frac{2S}{\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)}} \quad (8)$$

$$L = \sqrt{2S \operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)} \quad (9)$$

Чтобы задать способ размещения R_j грузов, требуется выбрать, какой груз будет расположен в кормовой части, а какой – в носовой. Остальные грузы будут размещены в центральной части. Таким образом, фактически имеем всего $N = n(n-1)$ способов размещения грузов в трюме. Например, при $n = 3$ имеем $N = 3 \cdot 2 = 6$ и т.д.

Для каждого из этих способов определяем сумму длин нижних оснований $\sum_{k=1}^N L_k$ штабелей всех грузов. Если для хотя бы рассматриваемого способа размещения выполнено условие

$$\sum_{k=1}^N L_k < L \quad (10)$$

то такой способ считаем допустимым.

Если есть несколько допустимых способов, то среди них выбирается оптимальный – такой, при котором сумма $\sum_{k=1}^N L_k$ принимает минимально возможное значение. Для этого способа определяем расстояние между основаниями штабелей груза, высоту и верхнее основание каждого штабеля и координаты центра масс для каждого из штабелей относительно левого края его основания, в зависимости от его формы и с учетом места расположения.

Если условие (10) не выполнено ни для одного из способов, то размещение такого набора грузов в трюме невозможно и нужно уменьшить массу одного из предъявленных к перевозке грузов.

Выводы. В работе рассмотрено решение одной из актуальных для вахтенного помощника капитана задач – расчет количества и размеров штабелей при одновременной перевозке в трюме судна нескольких видов навалочных грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хомяков В. Ю. Расчет высоты штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «коастер» / В. Ю. Хомяков, В. Д. Савчук // Матеріали науково-теоретичної конференції «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека», 19-20 листопада 2013 року. – Одеса: ОНМА, 2013. – С. 136-139.
2. Хомяков В. Ю. Смещение центра тяжести штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «коастер» / В.Ю. Хомяков, В.Д. Савчук // Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів «Удосконалювання проектування та експлуатації морських суден і споруд» 2-6 грудня 2013 року. – Севастополь: 2014. – С. 159-164.
3. Хомяков В.Ю. Диаграмма графического расчета массы навалочных грузов при перевозке с «естественной» сепарацией / В.Ю. Хомяков, В.Д. Савчук // Матеріали шостої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT – 2014) 27-29 травня 2014 року. – Херсон : ХДМА, 2014. – С. 147-148.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ СУДОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ

Якушев А.О.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Проблема безопасного расхождения судов является одной из наиболее актуальных проблем безопасности судоходства. Для предупреждения столкновений судов используется безопасная область, в которой находится судно, причем в эту область не должны попадать другие объекты во избежание столкновений. Форма безопасной судовой области определяющим образом влияет на выявления ситуации опасного сближения.

Поэтому разработка процедуры выбора оптимальной формы судовой безопасной области является актуальным и перспективным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Вопросу построения судовой безопасной области посвящено большое количество работ, причем общепринятым описанием такой области является круг, в центре которого находится судно, а радиусом является предельно-допустимая дистанция сближения.

Однако в ряде работ предлагается другая форма судовой безопасной области. Так, в работе [1] авторами Спейменом В. и Кримптоном К. описана эллиптическая зона навигационной безопасности, которая используется в автоматизированной радиолокационной системе. При этом кривая, которая ограничивает зону, описывается из центра тяжести судна радиусом переменной длины, который зависит от длины судна, его скорости и курсового угла радиуса. В работе [2] в качестве критерия безопасности предлагается «область столкновения», под которой имеется в виду некоторая область по направлению движения судна.

В работе [3] предложена процедура расчета большой оси эллипса зоны навигационной безопасности, как «динамической длины судна» и малой оси эллипса, как «динамической ширины судна» для плавания в портовых водах, причем оба параметра зависят от длины и ширины судна, его скорости и протяженности тормозного пути. В работе [4] описана шестиугольная безопасная область, которая отображается на электронной карте.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является описание имитационного моделирования процедуры выбора оптимальной формы судовой безопасной области.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. В настоящее время предложено более десяти форм безопасной области цели D_b [5]. Рассмотрим наиболее часто используемые пять форм безопасной области, которые показаны на рис. 1, и обозначим их следующим образом:

- 1 – $D_b^{(Rd)}$ - форма круга с целью в центре;
- 2 – $D_b^{(El)}$ - форма эллипса со смещенной целью;
- 3 – $D_b^{(Rt)}$ - форма прямоугольника со смещенной целью;
- 4 – $D_b^{(Cm)}$ - сложная форма со смещенной целью;
- 5 – $D_b^{(RE)}$ форма полукруг – полуэллипс.

Причем первые три типа безопасной области цели D_b являются простыми, а два последних – сложными.

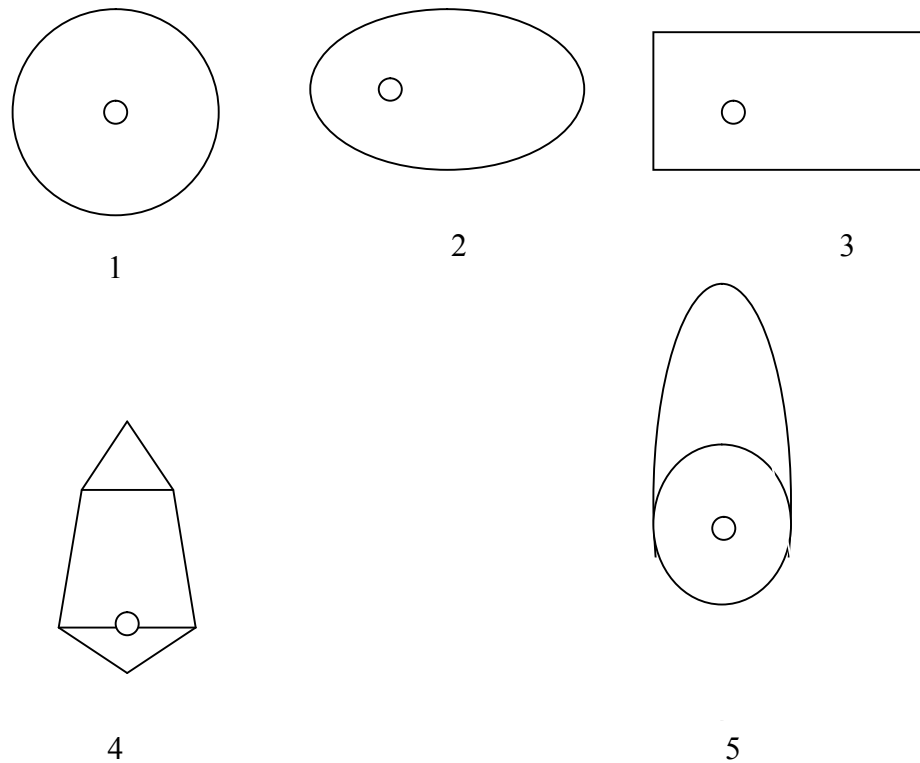


Рисунок 1 – Основные формы безопасной области цели D_b

При маневрировании для безопасного прохождения препятствия судно должно отклоняться от программной траектории и пройти мимо препятствия, предупреждая его попадание в безопасную область. Очевидно, что для безопасных областей различной формы для расхождения необходимо отклоняться на разные углы ΔK_{oty} от программной траектории, причем оптимальной форме безопасной области соответствует минимальное среднее значение угла ΔK_{oty} .

Поэтому для поиска оптимальной формы безопасной области из пяти рассмотренных вариантов следует для каждой формы области рассчитать среднее значение угла ΔK_{oty} . С этой целью была разработана компьютерная программа, позволяющая имитировать процедуру расчета среднего значения угла ΔK_{oty} .

Для расчета среднего значения ΔK_{oty} с помощью компьютерной программы следует выбрать безопасную область определенной формы. Затем имитационное моделирование предусматривает расчет минимального курса уклонения \bar{K}_{ymin} для позиций судна через 5° , при которых курс судна равен пеленгу на цель. При этом рассчитывается значение ΔK_{oty_i} для каждой из 72-х позиций.

При использовании имитационной программы на экране монитора отображаются позиции судна и соответствующие им касательные минимальные курсы уклонения K_{ymin} , как показано на рис. 2 для безопасной области сложной формы $D_b^{(Cm)}$. При этом вычисляется минимальный угол ΔK_{oty_i} , суммирующийся для всех 72 позиций и находится усредненное значение равное $15,12^\circ$.

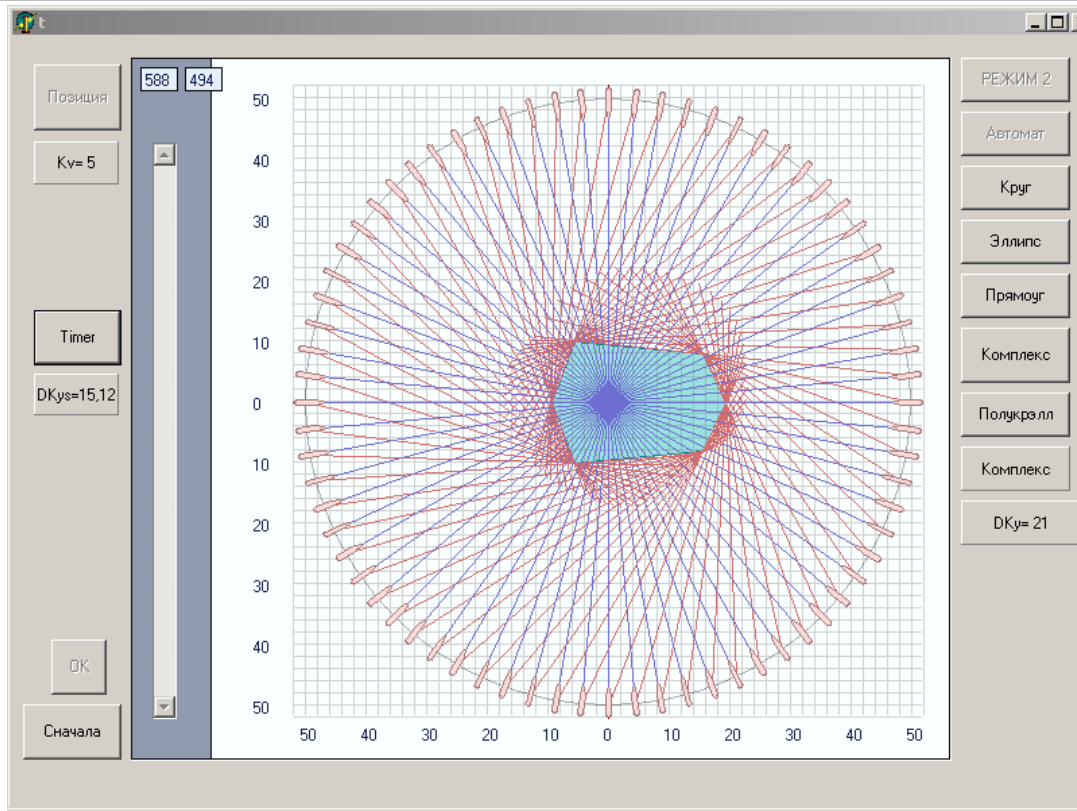


Рисунок 2 – Расчет $\Delta K_{оту}$ для безопасной области сложной формы

Для безопасной области $D_b^{(RE)}$ формы полукруга – полуэллипса на рис. 3 показан результат процесса расчета усредненного значения минимального угла $\Delta K_{оту}$, которое равно $12,81^\circ$.

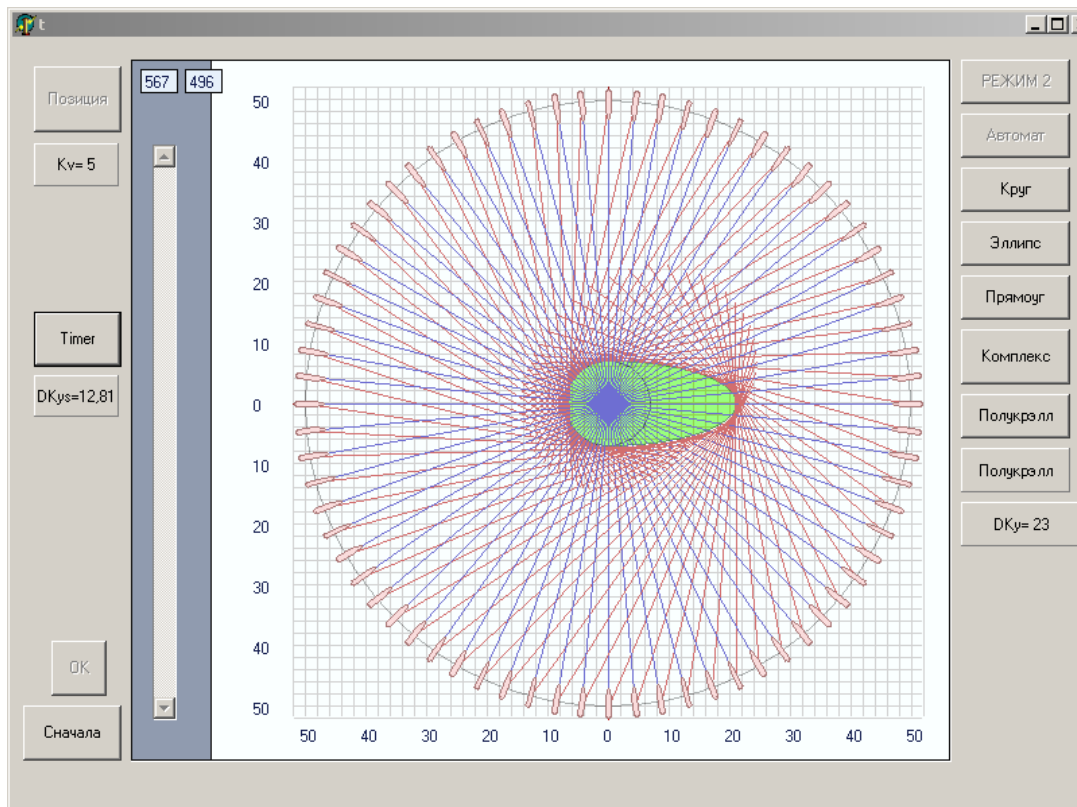


Рисунок 3 – Расчет $\Delta K_{оту}$ для области формы полукруга-полуэллипса

Аналогічно значення ΔK_{oty} вичисляється для других форм безпечної області судна.

С помощью имитационной компьютерной программы для одинаковых исходных данных, а именно длины судна 200 м, ширины 40 м и с.к.о. 100 м, формировались безопасные области заданной формы, а затем рассчитывались значения среднего значения ΔK_{oty} . Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетные значения ΔK_{oty}

<i>Форма безопасной области</i>	<i>Расчетное значение ΔK_{oty}</i>
Круг	20,0
Эллипс	13,87
Прямоугольник	15,68
Сложная форма	15,12
Полукруг-эллипс	12,81

Выводы. Как показывает анализ табл. 1, оптимальной является безопасная область, имеющая форму полукруга-полуэллипса, так как ей соответствует минимальное значение критерия оптимальности ΔK_{oty} . В дальнейшем целесообразно разработать способ расчета предельно-допустимой дистанции для безопасных областей различной формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lamb W. G. P. Colcuiation of the geometry of ship collision zones / Lamb W. G. P. // The Journal of Navigation. – 1989. – 42, № 2. – P. 298 - 305.
2. Goodwin E. M. A Statistical Study of Ship Domains / Goodwin E. M. // The Journal of Navigation. – 1975. – 28, № 3. – P. 328-341.
3. Погосов С. Г. Береговые системы управления движением судов / Погосов С. Г., Москвин Г. И. – М. : Судовождение и связь, 1976. – 54 с.
4. Вагущенко Л. Л. Судовые навигационно-информационные системы / Л. Л.Вагущенко. – Херсон : Гринь Д.С., 2015. – 400 с.
5. Вагущенко Л. Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л. Л. Вагущенко– Одесса : Феникс, 2013. – 180 с.

СЕКЦІЯ:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ГОЛОВНИМ СВІТЛОМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛУ

Баранова В.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Україна)

Вступ. Інтелектуальна система головного освітлення зі значними складними функціями і управлінням обмежило поліпшення освітлення, як це було передбачено. З цих причин, в останні два роки автоматичне і адаптивне дальнє світло запропоновані з електронним управлінням на основі обробки зображень відеокамери. Це робиться з посиланням на дані статичних технічних вимог. Але автоматичний контроль цих фар, а також реакції на інших учасників дорожнього руху активно впливає на комфорт і безпеку нічного водіння. З одного боку, вона повинна створювати набагато краще освітлення дорожнього полотна. З іншого боку, є значний ризик засліплення інших учасників дорожнього руху, в результаті їх неправильної ідентифікації або помилкового включення/виключення цих фар.

Актуальність дослідження. Система керування інтелектуальною системою головного світла транспортного засобу (ТЗ), і може бути використана при обґрунтуванні будь-яких заходів з підвищення ефективності освітлення ТЗ дороги. Найбільш близька до запропонованої інтелектуальної системи головного світла за конструкцією є обрана у якості прототипа система автоматичної адаптації світлотіньової границі проміню фар ближнього світла [Латова В. Б. Перспективы развития систем головного освещения транспортных средств / В. Б. Латова, А. А. Эйдинов, С. И. Вылегжанин // Журнал автомобильных инженеров. – 2011. – №6(71). – С. 10–13], в основі цієї системи знаходиться блок-схема, завдяки якій світлотіньова межа базується на системі датчиків, які виявляють положення інших ТЗ, а також включених в електричну схему процесора і блока електронного керування (ECU) для автоматичної адаптації світлотіньової межі променя фар ближнього світла, що забезпечує зниження (запобігання) засліплення шляхом керованого освітлення поверхні дороги попереду ТЗ. При цьому перехід від променя фар дальнього світла до променя ближнього світла відбувається відносно швидко, що сприяє уникненню дискомфорту водія. Завдяки запропонованій системі головного світла ТЗ датчики ТЗ збирають інформацію. Далі оброблена інформація поступає в електронні блоки освітлення. Потім обирається метод освітлення, завдяки якому фара освітлює дорогу попереду ТЗ.

Постановка задачі. Розглянувши прототипну систему автоматичної адаптації світлотіньової границі проміння фар ближнього світла, було знайдено недоліки системи, до яких відноситься відсутність отримання водієм інформації щодо постійних змін транспортного середовища, тобто неможливість повністю оцінити стан дороги та забезпечити оптимальне освітлення дороги. В основу запропонованої системи поставлено завдання вдосконалення інтелектуальної системи головного світла ТЗ, для чого використовується транспортний портал та GPS-система, що поліпшує роботу інтелектуальної системи головного світла ТЗ за рахунок заздалегідь отриманої інформації про стан дороги.

Результати досліджень. Поставлена мета досягається переважно завдяки тому, що збір інформації про стан дороги здійснюється не тільки датчиками, а й за допомогою транспортного порталу і додатково встановленої GPS-системи, які є пристроями для завчасної передачі інформації на бортовий комп'ютер про зустрічні ТЗ, повороти, перехрестя та інші елементи дороги.

На рис. 1 представлено структурну схему інтелектуальної системи головного світла ТЗ, яка складається з трьох частин: модуля збору даних з транспортним порталом та GPS-системою (1), блоку керування адаптивною системою (2) і блоку приводу (3). Модуль

збору даних за допомогою датчиків і карти збору даних, що входить до складу GPS-системи приймає сигнали з коробки передач, педалі акселератора, педалі зчеплення, педалі гальм і рульового колеса. АСПО-контролер управляє усіма обчислювальними і керуючими задачами. Блок приводу руху осі головного світла забезпечує визначення напрямку і положення ТЗ.

Запропонована інтелектуальна система головного світла ТЗ працює наступним чином. Модуль збору даних пов'язаний з CAN-шиною, через яку всі дані можуть використовуватися спільно з даними АСПО-контролера, який є ключовою ланкою всієї системи. Він збирає всі сигнали з датчиків, перерахованих вище, необхідних для прийняття рішення бортовим комп'ютером, при цьому АСПО-контролер отримує інформацію про стан ТЗ в необхідний момент. Потім параметри керування передаються до блоку приводу. Далі АСПО-контролер повторює пройдений цикл.

Центральний блок системи має п'ять входів і два виходи. При цьому інформація з трьох датчиків, транспортного порталу і GPS-системи поступає на п'ять входів. З виходів поступає інформація у вигляді команд до двигунів фар. Ввімкнення вигину світла і вибір режиму руху ТЗ є загальними умовами, які надаються водієм. Ці сигнали обробляються у блоці керування системою адаптивного освітлення і далі подаються до електронного блоку керування АСПО [1].

Блок приводу включає в себе ланцюг живлення приводу і двигуни постійного струму. Використовуються два двигуни постійного струму. Привод фари отримує параметри керування від АСПО-контролера з точки зору позиціонування. За допомогою замкнутого контролю положення фар ТЗ система має високу точність керування. При цьому водій керує перемикачем світла в салоні ТЗ при русі, а електронний блок керування системою адаптивного освітлення, який обробляє отримані дані від датчиків, транспортного порталу і GPS-системи передає ці дані на АСПО-контролер, завдяки якому відбувається рух фар.

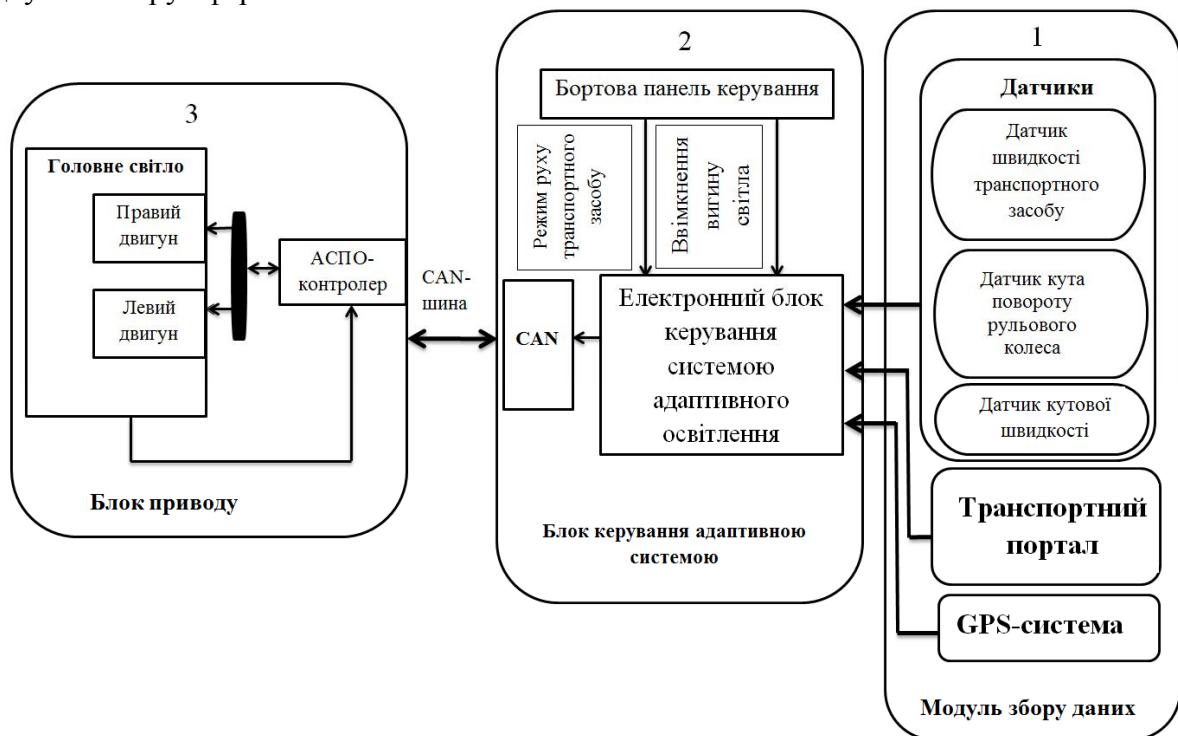


Рисунок 1 – Структурна схема інтелектуальної системи головного світла транспортного засобу

Блок-схема наведена на рис. 2 дозволяє встановити взаємозв'язок елементів, які входять до складу інформаційно-комунікаційної системи ТЗ. Так сигнали, отримані з датчиків, надходять в електронний блок керування системою адаптивного освітлення.

На цьому рівні сигнали декодуються і обробляються для відображення на бортовому блоці електронного керування або для використання іншими електронними блоками.



Рисунок 2 – Інформаційно-комунікаційна система транспортного засобу

Представлена інтелектуальна система головного світла ТЗ демонструє процес корегування головного світла ТЗ. При русі ТЗ сервер відстеження запрошує данні про місце знаходження ТЗ, який зареєстрований в базі даних. Додатково з головного сервера зчитуються координати поворотів або перехресть через транспортний портал та передаються у вигляді параметрів на пристрій зчитування скоригованих даних. Сервер відстеження місцезнаходження робить запит у реальному часі до передатчика місцезнаходження. У відповідь приходить сигнал, який дозволяє визначити доцільність коригування положення фар. Якщо необхідно коригувати положення, з передатчика місцезнаходження поступає інформація на пристрій зчитування скорегованих даних. Далі пристрій запрошує у головного сервера точні параметри, які необхідно скорегувати, після відповіді головного сервера запускається процес корегування положення фар.

Запропонована система дозволяє підвищити ефективність керування інтелектуальною системою головного світла ТЗ за рахунок того, що бортовий комп'ютер завчасно отримує інформацію про повороти, перехрестя тощо [2].

Висновки. Розроблена інтелектуальна система головного світла ТЗ за допомогою механізму адаптації та самонавчання в автоматичному режимі враховує постійні зміни середовища руху ТЗ, оцінює початкові характеристики і узагальнює отриману інформацію, а головне, забезпечує оптимальне освітлення дороги. Ця система може бути використана для автомобілів, транспортних засобів спеціального призначення, дорожніх та будівельних машин тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ніконов О. Я. Перспективи розвитку новітніх технологій адаптивного головного світла автомобіля / О. Я. Ніконов, В. О. Баранова // Збірник наукових праць «Системи обробки інформації». – Х. : Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – 2014. – Вип. 8(124). – С. 13–18.

2. Баранова В. О. Разработка функциональной и структурной схем интеллектуальной системы управления адаптивного головного света автомобиля / В. О. Баранова // Збірник наукових праць «Харківського університету Повітряних Сил». – Х. : Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба – 2014. – Вип. 4(41). – С. 69–72.

СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ – ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СУЧАСНОГО СУДНОПЛАВСТА

Бень А.П.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Розвиток сучасного судноплавства нерозривно пов'язаний із широким впровадженням нових інформаційних технологій, стрімким розвитком засобів супутникової навігації та електронних картографічних інформаційних та навігаційних систем. Існуючі на сьогодні розробки в галузі створення систем підтримки прийняття рішень (СППР) спрямовані в основному на розрахунок безпечних зон руху суден і не враховують впливу так званого «людського чинника» на процеси сприйняття інформації судноводієм, формування та прийняття ним рішень, а також загальної взаємодії всіх учасників навігаційної ситуації. Наявність значної кількості морських аварій, що трапились останнім часом, у тому числі з значною кількістю людських жертв та важкими техногенними наслідками (Costa Concordia, Bulgaria, та ін.), головною причиною яких став «людський чинник» переконливо свідчить про необхідність створення сучасних СППР судноводія, що враховують особливості процесу взаємодії людини з технічними засобами судноводіння та прийняття нею рішень в складних навігаційних умовах та режимі реального часу. Відомі підходи до побудови інформаційних навігаційних систем в судноводінні показують, що найбільш перспективним методом підвищення ефективності їх функціонування є запровадження можливостей інтелектуальної підтримки прийняття рішень. Розробка таких систем є актуальною проблемою сьогодення.

В межах виконання наукових досліджень, які проводяться в ХДМА за держбюджетною темою «Розробка систем підтримки прийняття рішень судноводія» передбачається створення СППР судноводія, що дозволить одночасно вирішувати комплекс задач з стратегічного та оперативного управління рухом судна з позицій досягнення завданого рівня безпечності та економічної ефективності.

Ідеєю проекту є дослідження процесів формування та прийняття рішень судноводієм з метою вдосконалення процесу взаємодії судноводія з інформаційною навігаційною системою та підвищення якості рішень, які ним приймаються, та розробка новітніх підходів до побудови таких систем [1,2,3].

Основна частина. Особливістю СППР, що створюється, є застосування комбінованого підходу до формування бази знань на основі процедур експертного оцінювання, сценарно-прецедентного підходу та логічного висновку.

На основі проведених досліджень планується запропонувати нові методи створення інтелектуальних СППР, адаптованих до вимог електронної навігації (E-navigation) та чинного законодавства в галузі судноплавства.

Перевагою розробки над зарубіжними і вітчизняними аналогами є врахування особливостей процесу взаємодії «оператор-комп'ютеризована система» та можливість застосування СППР для вирішення задач як стратегічного так і оперативного управління рухом судна, що дозволить досягти підвищення рівня безпеки судноплавства при одночасному зменшенні експлуатаційних витрат на здійснення рейсів суден. На основі проведених досліджень і отриманих результатів передбачено розробити структуру та алгоритми функціонування СППР. Поєднання можливостей оперативного та стратегічного управління в єдиній СППР є новітнім та перспективним напрямом досліджень.

Відмінними рисами СППР, що розробляється, є врахування основних факторів впливу на процеси прийняття рішень судноводієм, можливість функціонування СППР в

режимі реального часу, можливість формування бази знань СППР як за процедурами експертного оцінювання, так і за наслідками її попередньої експлуатації.

Виконання науково-дослідної роботи здійснюється на базі лабораторій електронних картографічних та навігаційно-інформаційних систем при Херсонській державній морській академії. Зазначені лабораторії поєднані в єдиний інформаційно-обчислювальний комплекс, який дозволяє моделювати процеси розходження кількох суден в режимі реального часу та вивчати особливості процесів прийняття рішень судноводієм при здійсненні управління судном.

Висновки. Результати роботи дозволять підвищити рівень безпеки сучасного судноплавства і сприятимуть розвитку електронної навігації та інформаційних навігаційних систем в судноводінні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бень А. П. Перспективи розвитку системи підтримки прийняття рішень судноводія / Бень А. П. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 1 (6). – С. 12-19
2. Бень А. П. Использование интеллектуальной системы планирования океанских переходов для снижения затрат топлива / Бень А. П., Паламарчук И. В. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2013. – № 2 (9). – С. 4-9.
3. Бень А. П. Людський фактор в автоматизованих системах управління судном та шляхи зниження його впливу / Бень А. П. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 26-30.

МОДЕЛЬ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Землянский А.В., Сало Н.А., Сафарян М.Р.

Кировоградская лётная академия Национального авиационного университета
(Украина)

Вступление. Модель системы поддержки принятия решения (СППР), которую мы разрабатываем, включает в себя следующие компоненты: выявления и классификации нарушений (базирующиеся на системе опережающего моделирования и классификации потенциально конфликтных ситуаций (ПКС), предложенной Неделько [1]), выбора решения [2] и хранения принятых решений.

Наша модель СППР должна работать в трех режимах:

- режиме классической СППР (выдача рекомендаций по решению ПКС),
- режиме самообучения (накопления данных)
- гибридном режиме, включающем в себя оба предыдущих режима.

Модель самообучающейся системы поддержки принятия решений. Для обучения системы поддержки принятия решений (СППР) нам необходимо организовать процесс накопления данных о выбранных методах решения потенциально-конфликтных ситуаций (ПКС). Организовать такой процесс мы можем по трем направлениям:

- автоматическое выполнение тренажерных упражнений с применением системы поддержки принятия решений в режиме самообучения. В таком режиме система самостоятельно проходит упражнение (или целый набор упражнений) без участия операторов и накапливает данные для последующего анализа;

- накопление необходимых данных в режиме поддержки принятия решений при выполнении тренажерных упражнений авиадиспетчерами или курсантами. Система работает в режиме поддержки принятия решений и одновременно фиксирует результаты парирования ПКС. Причем следует учитывать, что обучаемый может использовать предложенные СППР рекомендации, а может игнорировать их и принимать решения самостоятельно;

- анализ результатов и процесса решения, ранее выполненных тренажерных упражнений авиадиспетчерами или курсантами с применением СППР и без применения СППР. Анализ ранее выполненных упражнений может быть полезным при определении влияния факторов, которые ранее не учитывались или были не определены.

Очевидно, что самообучающаяся (не статичная) система поддержки принятия решений должна иметь минимум два режима работы:

- режим самообучения – это режим, в котором система накапливает и анализирует информацию о парировании ПКС в различных ситуациях. Накопление данных производится при помощи компонента хранения принятых решений и позволяет автоматизировать сбор информации в объеме, достаточном для ее дальнейшего анализа. Анализ информации может производиться как в автоматическом режиме, когда система по заранее заданным алгоритмам производит выбор наиболее предпочтительного решения (например верным может считаться решение, которое в заданных условиях дает максимальный процент парирования ПКС), так и в режимах с привлечением экспертов, когда по полученным данным эксперт определяет дальнейшее поведение СППР. На рис. 1 показан алгоритм работы СППР в режиме самообучения;

- режим поддержки принятия решений – это нормальный режим для работы любой СППР авиадиспетчера, в котором она позволяет выдавать рекомендации по парированию ПКС.

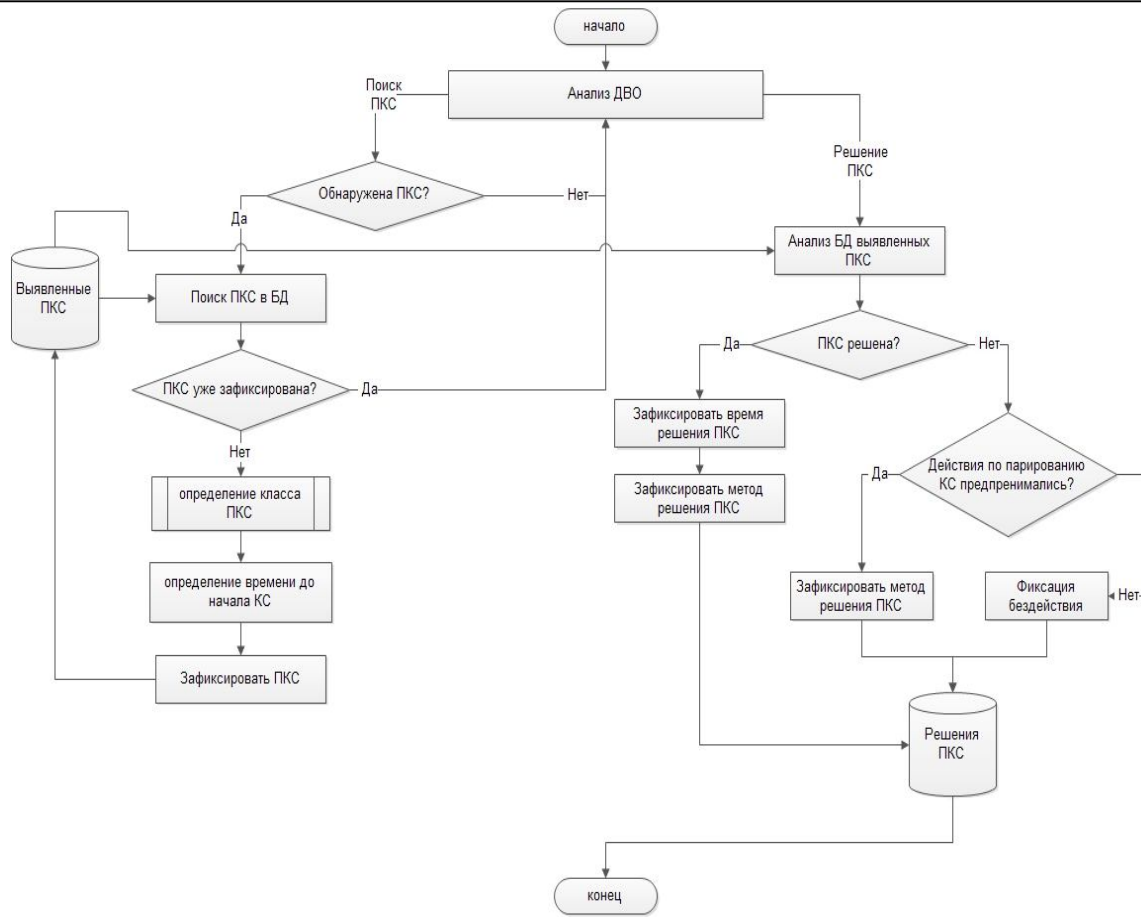


Рисунок 1 – Схема алгоритма работы СППР в режиме самообучения

Так же следует учитывать, что СППР может работать в гибридном режиме, когда одновременно производится сбор и анализ информации и выдаются рекомендации по парированию ПКС. На рис. 2 показан алгоритм работы СППР в гибридном режиме.

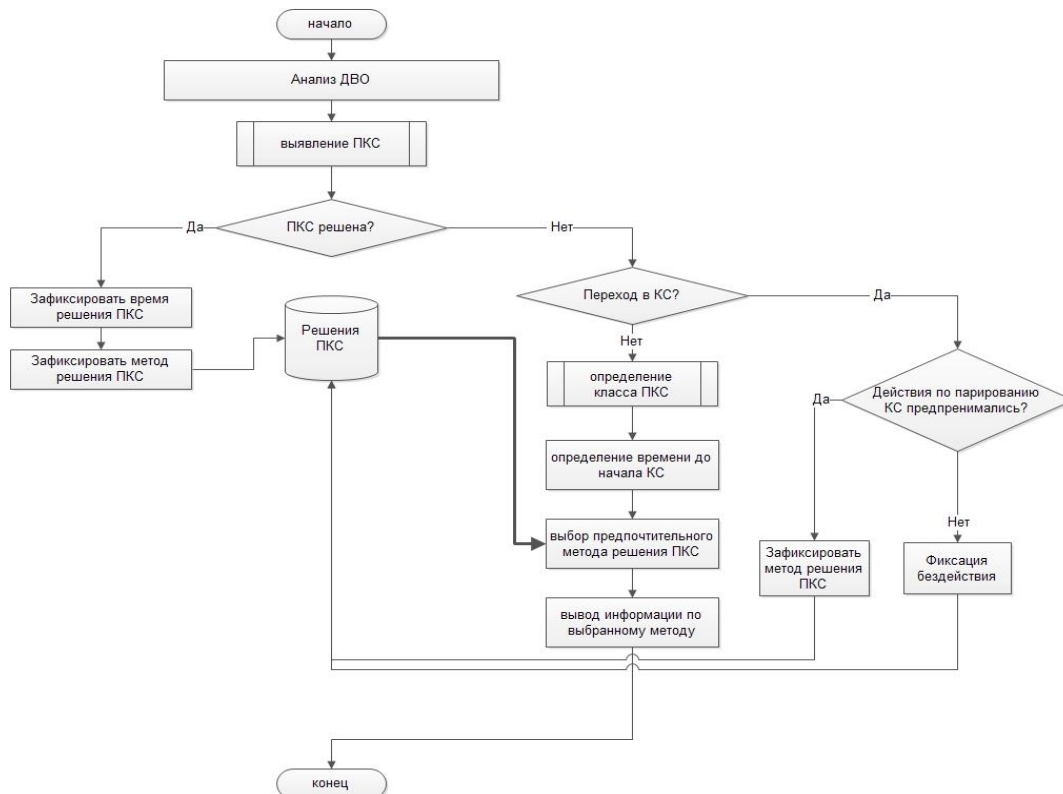


Рисунок 2 – Схема алгоритма работы СППР в гибридном режиме

Интерес так же представляют собой системы, в которых возможен сбор и анализ информации о работе СППР на большом количестве рабочих мест. Это могут быть системы, построенные как на предприятиях, так и в учебных заведениях. Анализ работы СППР в различных условиях (учебные и контрольные упражнения в учебных заведениях; тренировка действующих авиадиспетчеров в тренажерных центрах и т.д.) позволит значительно расширить возможности для анализа собранных данных, а так же повысить качество работы самих СППР. Организация работы таких систем возможна с применением следующих моделей построения:

– сетевая модель реального времени – позволит оперативно (в режиме реального времени) анализировать информацию по методам решения ПКС и предлагать обновленные рекомендации по решению ПКС. Может применяться при относительно небольшом количестве источников информации, например, в пределах одного тренажерного центра;

– модель накопления и анализа информации в одном центре – подразумевает существование центра сбора и анализа информации с большого количества источников. Целесообразно использовать при наличии большого количества источников информации (нескольких тренажерных центров) или для организации единой системы сбора и анализа данных.

– модель накопления и анализа информации в нескольких центрах используется при наличии крайне большого количества источников информации, когда возможности обработки одним центром могут быть не достаточны. Так же такая модель может применяться при невозможности организации постоянной связи требуемого уровня между несколькими объединениями источников информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неделько А. В. Совершенствование классификации потенциально-конфликтных ситуаций для диспетчерских тренажеров: пояснительная записка к дипломному проекту / Неделько А. В. – Кировоград, КЛА НАУ, 2014.

2. Яковенко Д. А. Определение приоритетного метода решения потенциально-конфликтных ситуаций для тренажеров авиадиспетчеров: пояснительная записка к дипломному проекту / Яковенко Д.А. – Кировоград, КЛА НАУ, 2014.

КОМПОНЕНТЫ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Землянский А.В., Сало Н.А., Тиккоев А.И.

Кировоградская лётная академия Национального авиационного университета
(Украина)

Системы поддержки принятия решений (СППР) состоят из двух основных компонентов: хранилища данных и аналитических средств. *Хранилище данных* предоставляет единую среду хранения данных, организованных в структурах, оптимизированных для выполнения аналитических операций; оно обеспечивает быстрое выполнение произвольных аналитических запросов. *Аналитические средства* позволяют конечному пользователю, не имеющему специальных знаний в области информационных технологий, осуществлять навигацию и представление данных в терминах предметной области.

Естественно, что разработку модели СППР мы будем строить по указанной схеме. В качестве аналитических средств будут выступать компоненты выявления нарушений, классификации нарушений и выбора решений. Компонентом хранилища данных выступает система хранения принятых решений. Рассмотрим эти компоненты.

Компоненты выявления и классификации нарушений. Компоненты выявления нарушений и классификации нарушений мы будем рассматривать вместе, так как они тесно взаимосвязаны между собой. Ядром компоненты выявления нарушений выступит система опережающего моделирования (СОМ). СОМ работает по принципу последовательного расчета динамической воздушной обстановки с учетом выданных диспетчером указаний и заданного плана полета для воздушных судов. Несомненными преимуществами СОМ являются максимально возможный уровень точности прогнозирования нарушений и моментальная реакция на действия и указания, выдаваемые диспетчером.

Для работы компоненты выявления нарушений необходимо, прежде всего, «разъяснить» компьютерной системе, что подразумевается под нарушением. Для примера рассмотрим формализацию выявления нарушений для наиболее важного элемента деятельности авиадиспетчера – обеспечения безопасности полетов. Оценка безопасности строится на основании требований руководящих документов в области выдерживания интервалов эшелонирования (продольного, бокового и вертикального), а именно Правил обслуживания воздушного движения с использованием систем наблюдения. Следует учитывать, что в зависимости от типа диспетчерской зоны управления (например, СТА или ТМА) и применяемых требований (например, вертикальное эшелонирование воздушных судов (ВС) в пространстве RVSM) интервалы эшелонирования будут изменяться. Так как нормы эшелонирования воздушных судов меняются относительно редко, то мы можем считать их постоянными величинами и не создавать специальную структуру для хранения этих норм, а указать их в качестве констант (постоянных величин).

По указанным значениям будут строиться зоны безопасности ВС. Следует учитывать, что нарушения безопасности имеют свою градацию (нарушение установленных интервалов эшелонирования и опасное сближение (менее половины установленных интервалов эшелонирования)), что обязательно должно быть отражено в работе компоненты выявления нарушений. Для учета градации нарушений придется строить не одну, а несколько зон безопасности для каждого ВС. На рисунке 1 показаны зоны безопасности, которые необходимо построить с учетом применяемой градации нарушений установленных интервалов эшелонирования.

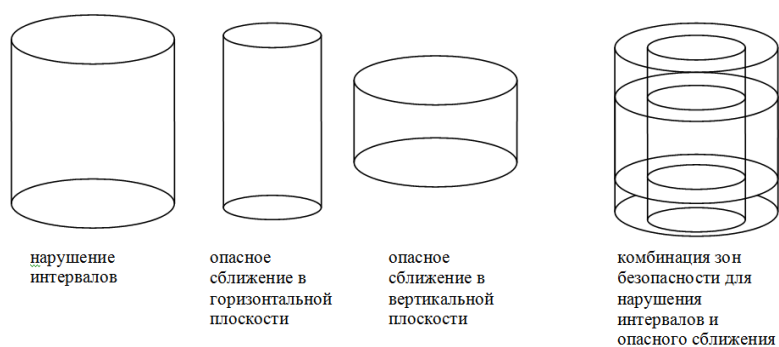


Рисунок 1 – Зоны безопасности для воздушного судна

Алгоритм выявления нарушений с использованием зон безопасности следующие: вхождение ВС в объем зоны безопасности другого ВС однозначно расценивается, как нарушение. При вхождении ВС в несколько зон безопасности другого ВС нарушение считается по более серьезному нарушению.

Для работы компоненты классификации нарушений мы воспользовались классификацией, описанной в работе Неделько [1]. В первую очередь необходимость определения новой классификации потенциально-конфликтных ситуаций (ПКС) была вызвана желанием систематизировать возможные ситуации в воздухе, а также указать на наиболее предпочтительные способы решения конкретных ПКС. Существующая на сегодняшний день классификация ПКС, которую использует Укрэзрорух, имеет достаточно разветвленный вид. При этом многие пункты данной классификации можно объединить, так как возможные пути решения конфликтов схожи.

Представим положения двух ВС в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Относительно друг друга они могут находиться на попутных или встречных треках, в переменном профиле или на одной высоте. Для более наглядного отображения представим обновленную классификацию в виде таблицы (табл. 1).

Поясним информацию, приведенную в табл. 1:

- по горизонтали обозначена тенденция изменения положения ВС в вертикальной плоскости;
- по вертикали обозначена тенденция изменения положения ВС в горизонтальной плоскости;
- в теле таблицы буквенными индексами обозначены различные ситуации взаимного расположения.

Таблица 1 – Комбинации вариантов изменения положения ВС при различных классах конфликтных ситуаций

	<i>Попутное движение (догон)</i>	<i>Без изменения</i>	<i>Встречное движение</i>
<i>Попутное движение (догон)</i>	A	B	C
<i>Без изменения</i>	D	-	E
<i>Встречное движение</i>	F	G	H

Согласно данной схеме происходит процесс сравнения параметров движения отметок от двух ВС. Происходит оценка тенденции к нарушению горизонтального и вертикального интервала между выбранными ВС. Если такой тенденции нет, то тренажер переходит к следующей паре воздушных судов. Если такая тенденция есть, то далее согласно принципиальной схеме происходит сравнение направлений векторов движения ВС в горизонтальной плоскости. В нашем примере рассматриваем ситуацию с попутным направлением движения воздушных судов. Далее идет оценка вертикального направления векторов движения ВС.

Компонента выбора решения. После обнаружения ПКС и ее классификации необходимо перейти к выбору метода решения ПКС. В работе Яковенко [2] приводится методика определения предпочтительного метода решения ПКС на примере ситуацию, которая входит в класс В (согласно классификации, приведенной выше) – догон в горизонтальной плоскости.

Методом экспертного опроса определяются предпочтительные методы решения ПКС с учетом времени, оставшегося до перехода ПКС в конфликтную ситуацию (КС). Причем для определения и классификации времени до ПКС используется концепция КУО [3]. Согласно Яковенко [2], методы решения ПКС должны выбираться для двух временных промежутков – для ситуации при достаточном времени до начала КС и для ситуации при крайне ограниченном времени до начала КС.

В результате по выбранной ситуации (догон в горизонтальном полете) была получена такую выборку по предпочтительным методам решения ПКС:

Для ситуации при достаточном времени до начала КС:

1. Изменение скорости одному ВС;
2. Изменение высота одному ВС;
3. Создание бокового интервала векторением одного ВС.

Для ситуации при достаточном времени до начала КС:

1. Изменение высота одному ВС;
2. Изменение скорости одному ВС;
3. Создание бокового интервала векторением одного ВС.

Практическая проверка полученных в результате проведения экспертного опроса результатов проводилась в форме моделирования ситуации по догону ВС в горизонтальной плоскости и разрешения этих ситуаций экспертами. По условиям эксперимента эксперты решали ПКС указанным методом и проверялось, насколько выбранный метод подходит для решения ПКС. Для приведения объема выполняемых в эксперименте задач до разумного объема и сокращения времени на практический эксперимент, была проведена практическая проверка 2 наиболее предпочтительных методов решения ПКС и 1 метода, указанного как наименее предпочтительный. Ситуационные задачи (упражнения) моделировались таким образом, чтобы в одном упражнении присутствовали различные классы ПКС, что позволило создать обстановку, схожую с реальным УВД.

Выводы, полученные в результате практической проверки, совпадают с результатами экспертного опроса. Примененный способ выявления предпочтительного метода решения ПКС показал свою целесообразность, полученные результаты могут быть легко формализованы для применения в автоматических (автоматическое выполнение упражнений и т.д.) или автоматизированных (СППР диспетчера на тренажере УВД) системах, что позволяет рекомендовать его применение для определения предпочтительных методов решения ПКС по всем классам ПКС.

Компонента хранения принятых решений. Важную роль в работе системы поддержки принятия решений играет сохранение результатов принятых решений для дальнейшего анализа этих решений и корректировки, как выдаваемых рекомендаций, так и процесса индивидуального обучения диспетчера. Для хранения такой информации необходимо разработать два элемента: систему классификации принятых решений и систему хранения информации о принятых решениях.

Прежде всего, рассмотрим классификацию принятых решений. В рамках разрабатываемой нами системы поддержки принятия решений нам достаточно классифицировать принятые диспетчером решения по следующим критериям:

Время выполнения операций – продолжительность промежутка времени между выполненными операциями и прогнозируемым моментом перехода ПКС в КС (в случае успешного парирования ПКС) или моментом начала КС (в случае, если КС не удалось избежать).

Правильность принятого решения – характеризует то, насколько принятое диспетчером решение по парированию ПКС позволило избежать возникновения конфликтной ситуации. Возможно три варианта решений в рамках этого критерия:

1. Принято правильное решение – диспетчер произвел операции, которые позволили избежать возникновения конфликтной ситуации. При этом следует учитывать, что в эту категорию попадают только те решения, которые позволили избежать возникновения КС, с учетом параметра своевременности. То есть верное (с точки зрения операций) но не своевременное решение не попадает в категорию правильных.

2. Принято неправильное решение - диспетчер произвел операции, которые не позволили избежать возникновения конфликтной ситуации. К этой категории относятся как неверные действия, так и несвоевременное выполнение действий, что в конечном итоге привело к возникновению КС.

3. Не принято решений (бездействие) – диспетчер не произвел никаких операций, что привело к возникновению конфликтной ситуации. Отсутствием действий мы будем считать невыдачу никаких команд/указаний экипажам ВС, которые участвуют в развитии КС. Такое событие может произойти в силу разных причин – неспособности диспетчера определить ПКС, недостатка времени на проведение необходимых операций и т.д. Выявление причин этого события не входит в цель нашей работы, поэтому мы удовлетворимся только фиксацией такого события.

Соответствие принятого решения рекомендациям компоненты выбора решений – в случае, если система поддержки принятия решений выдает рекомендации по парированию ПКС, мы можем сравнить то, насколько выполненные диспетчером операции совпадают с рекомендациями СППР. Это необходимо делать с целью последующего анализа принятых решений по таким направлениям:

1. Выбранное диспетчером решение не совпадает с рекомендацией СППР, но позволяет парировать КС.

2. Выбранное диспетчером решение не совпадает с рекомендацией СППР и не позволяет парировать КС.

3. Выбранное диспетчером решение совпадает с рекомендацией СППР и позволяет парировать КС.

4. Выбранное диспетчером решение совпадает с рекомендацией СППР, но не позволяет парировать КС.

Анализ каждого из перечисленных направлений позволит усовершенствовать компоненту выбора решений (направления 1 и 4) СППР или откорректировать модель обучения диспетчера (направления 2). Так как в предложенном алгоритме работы компоненты выбора решений возможны варианты, когда система выдает несколько предпочтительных решений, то сбор информации о выбранных решениях позволит проводить анализ частоты использования каждого решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неделько А. В. Совершенствование классификации потенциально-конфликтных ситуаций для диспетчерских тренажеров: пояснительная записка к дипломному проекту / Неделько А. В. – Кировоград, КЛА НАУ, 2014.

2. Яковенко Д.А. Определение приоритетного метода решения потенциально-конфликтных ситуаций для тренажеров авиадиспетчеров: пояснительная записка к дипломному проекту / Яковенко Д. А. – Кировоград, КЛА НАУ, 2014.

3. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением/ Международная организация гражданской авиации. движением – Циркуляр 314-AN/178 – Монреаль, Канада, 2008.

СППР НА НЕЧІТКІЙ ЛОГІЦІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІВПРАЦІ В РАМКАХ КОНСОРЦІУМІВ ТИПУ «УНІВЕРСИТЕТ – ІТ-КОМПАНІЯ»

Кондратенко Ю.П., Кондратенко Г.В., Сіденко Є.В.

Чорноморський державний університет ім. П. Могили (Україна, м. Миколаїв)

Харченко В.С.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»
(Україна, м. Харків)

Вступ. Суттєвий вплив на загальний рівень розвитку та інтеграції інформаційних технологій в народне господарство України та в сегменти світового ринку відіграють результати високоефективної і взаємовигідної співпраці університетів та ІТ-компаній. При цьому впровадження нових моделей співпраці потребує врахування та попередньої обробки великої кількості вхідної інформації, зокрема, на основі аналізу попереднього досвіду співпраці зацікавлених сторін, їх головних досягнень, конкурентоспроможності, переваг та напрямків розвитку, наукового і освітнього рівнів учасників майбутнього академічно-промислового консорціуму, рівня зайнятості студентів і викладачів університетів та працівників ІТ-компаній та ін. Некоректно вибрана модель співпраці, як і недотримання відповідних умов колаборації в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія» можуть призвести до небажаних і неочікуваних наслідків, зокрема до втрати значної кількості інтелектуальних та/або матеріальних та ресурсів, зниження освітньо-кваліфікаційного рівня спеціалістів, появи обмеженості у навчанні та розвитку здатності до креативного мислення [1-3].

Постановка задачі. Підвищенню ефективності співпраці можуть сприяти системи підтримки прийняття рішень (СППР), що розробляються на основі новітніх методів, технологій та підходів системного аналізу, прогнозування, нечіткої логіки, нейронних мереж, штучного інтелекту та ін. Застосування вищезгаданих методів при проектуванні сучасних СППР дозволяє здійснювати обробку значних масивів різнотипної інформації на новому рівні інтелектуальної взаємодії людини-оператора (ЛПР) і комп'ютерної системи [4]. Невирішеним на даний час залишається питання вибору моделей партнерської взаємодії на основі розробки системи багатокритерійного оцінювання можливого рівня співпраці університетів та ІТ-компаній. Застосування СППР такого класу в конкретних практичних випадках дає змогу обирати найкращий варіант моделі розвитку консорціумів типу «університет– ІТ-компанія» [3].

Метою даної роботи є розробка та дослідження СППР на основі нечіткої логіки для підвищення ефективності процесів багатокритерійного прийняття рішень при виборі моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія».

Попередні дослідження та аналіз успішного досвіду співпраці в рамках різнотипних консорціумів доводять, що на сьогоднішній день розв'язання задачі оцінювання рівня співпраці університетів та ІТ-компаній передбачає вибір однієї з чотирьох сформованих альтернативних моделей [3], як альтернативних варіантів рішень $E_i, (i = 1...4)$, де варіанту рішень E_1 відповідає модель $A1$ (взаємодія між університетом та ІТ-компанією в організації освіти та навчання, обмін знаннями, цілеспрямована підготовка кадрів для ІТ-індустрії); варіанту E_2 – модель $A2$ (організація та підтримка процесів сертифікації результатів співпраці); варіанту E_3 – модель B (створення спільного центру наукових досліджень, розробка спільних наукових проектів); варіанту E_4 – модель C (створення студентських наукових груп з бізнес орієнтацією та реалізацією стартапів). При цьому ефективність процесів вибору моделей співпраці суттєво залежить від обраних критеріїв (показників якості) $x_j, (j = 1, 2, \dots, n)$, що

характеризують кожного з партнерів відповідного майбутнього консорціуму типу «Університет – ІТ-компанія». Застосування нечіткої логіки та ієрархічної організації вхідних даних (координат) при розробці СППР такого класу дозволяє підвищити ефективність багатокритерійного вибору моделі співпраці університетів та ІТ-компаній, що досягається шляхом спрощення процесу формування та обробки знань, врахування значної кількості якісних показників та вибору оптимального рішення при великій кількості вхідної експертної інформації [4,5].

Пропозиції щодо розробки СППР на нечіткій логіці та аналіз результатів досліджень. В даній роботі розглядається розроблена авторами СППР для вибору моделі ($m = 4$) співпраці університетів та ІТ-компаній за попередньо запропонованими і визначеними критеріями ($n = 27$). Досвід фахівців в області проектування спеціалізованих нечітких систем різного призначення показує, що при однорівневій структурній організації СППР у випадках великої розмірності вектора вхідних координат $X = \{x_j\}, j = 1 \dots n$ знижується чутливість їхніх баз нечітких правил до зміни значень вхідних координат (критеріїв) $x_j, (j = 1, 2, \dots, n)$ [6,7]. Це, в першу чергу пов'язано зі складністю формування відповідних нечітких правил для реалізації всіх можливих залежностей між вхідними та вихідними параметрами системи $y_k = f(x_1, x_2, \dots, x_{27}), k = 1 \dots K$.

На рис. 1 наведено варіант запропонованої авторами ієрархічно-організованої структури СППР St_s для вибору оптимальної моделі $E^*, (E^* \in E, E = \{E_1, E_2, E_3, E_4\})$ співпраці університетів та ІТ-компаній, яка сформована на основі декомпозиції вектора вхідних координат $X = \{x_j\}, j = 1 \dots 27$ з їх об'єднанням у наступну S -групову комбінацію:

$$X_s = \left\{ \left\{ x_1, x_2, x_3 \right\}, \left\{ x_4, x_5, x_6, x_7 \right\}, \left\{ x_8, x_9, \dots, x_{13} \right\}, \left\{ x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17} \right\}, \right. \\ \left. \left\{ x_{18}, x_{19}, \dots, x_{23} \right\}, \left\{ x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27} \right\} \right\}.$$

При цьому відповідні підсистеми СППР (рис. 1), зокрема

$$\{FES_1, FES_2, \dots, FES_{10}, FES_{11}\}$$

реалізують наступні функціональні залежності для s -ї альтернативної структури St_s СППР:

$$St_s = \{y_1, y_2, \dots, y_{10}, y\} = \left\{ \begin{array}{l} y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3), y_2 = f_2(x_4, x_5, x_6, x_7), y_3 = f_3(x_8, x_9, \dots, x_{13}), \\ y_4 = f_4(x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}), y_5 = f_5(x_{18}, x_{19}, \dots, x_{23}), y_6 = f_6(x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}), \\ y_7 = f_7(x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}), y_8 = f_8(y_1, y_2), y_9 = f_9(y_3, y_4), \\ y_{10} = f_{10}(y_5, y_6), y = f_{11}(y_7, y_8, y_9, y_{10}) \end{array} \right\}.$$

Так, наприклад, перша підсистема $y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3)$ для оцінки якості підготовки ІТ-спеціалістів у відповідному університеті формується (рис. 1) на основі трьох вхідних координат (x_1 – рівень наукової новизни дипломних проектів (ДП) та магістерських наукових робіт (МНР), x_2 – практична значимість ДП та МНР, x_3 – відповідність ДП та МНР напрямку підготовки у в ІТ-області, відповідній профілю ІТ-компанії - партнера), які об'єднані за спільними властивостями, та однієї вихідної координати (y_1 – рівень дипломних та магістерських наукових робіт) з реалізацією відповідної бази знань, що включає в себе 27 нечітких правил продукційного типу (таблиця 1). При побудові нечітких баз правил для розробленої СППР (рис. 1) використовуються лінгвістичні терми $\{Low, Midium, High\}$ з трикутною формою функцій належності [4-6].

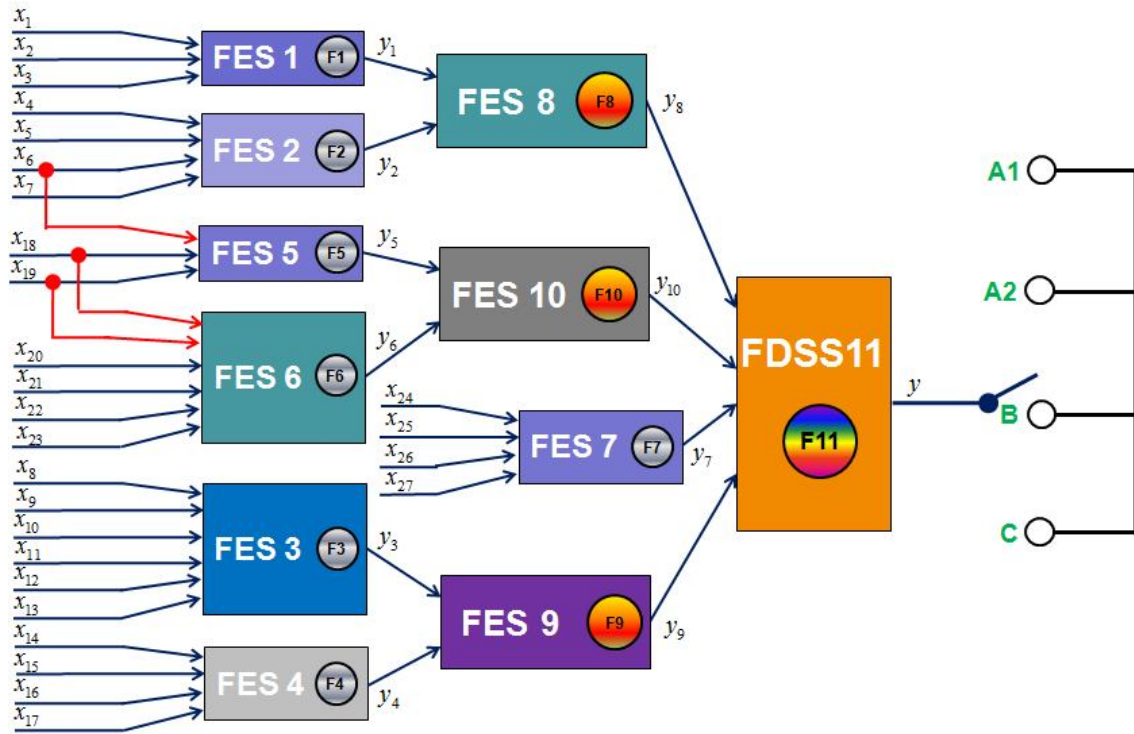


Рисунок 1 – Структура ієрархічної СППР на нечіткій логіці для вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія»

Таблиця 1 – Вибірковий набір правил бази знань першої підсистеми

Number of rule	x_1	x_2	x_3	y_1	Number of rule	x_1	x_2	x_3	y_1
1	Low	Low	Low	Low	14	Medium	Medium	Medium	Medium
2	Low	Low	Medium	Low	15	Medium	Medium	High	High
3	Low	Low	High	Medium	16	Medium	High	Low	Medium
...
11	Medium	Low	Medium	Medium	24	High	Medium	High	High
12	Medium	Low	High	Medium	25	High	High	Low	Medium
13	Medium	Medium	Low	Low	26	High	High	Medium	High

Людино-машинний інтерфейс, програмна реалізація та результати роботи СППР для вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «університет – ІТ-компанія» представлені на рис. 2. Для представленого на рис. 2 набору вхідних даних $X = \{x_j, j=1...27\}$ розроблена СППР на нечіткій логіці (рис. 1) формує на своєму виході консолідований сигнал, що рекомендує відповідним майбутнім партнерам по співпраці (конкретний Університет та конкретна ІТ-компанія) обирати в якості оптимальної моделі E^* модель співпраці $C: E^* = C, (E^* \in E, E = \{E_1 = A1, A2, B, C\})$.

Висновки. В даній роботі наведено результати розробки ієрархічно-організованої СППР, синтезованої в рамках проекту TEMPUS-CABRIOLET 544497-TEMPUS-1-2013-1-UK-TEMPUS-JPHES «Model-Oriented Approach and Intelligent Knowledge-Based System for Evolvable Academia-Industry Cooperation in Electronics and Computer Engineering» (2013-2016 pp.). Для реалізації проекту створено міжнародний академічно-промисловий

консорціум, що включає університети та ІТ-компанії з Великобританії, Іспанії, Італії, Португалії, Швеції та України (НАКУ «ХАІ», ЧДУ, ОНПУ, ЧНУ, ЧНТУ, ІК НАНУ та ін.). СППР забезпечує підвищення ефективності процесів прийняття рішень при виборі оптимальної моделі співпраці E^* в рамках консорціумів «Університет – ІТ-компанія».

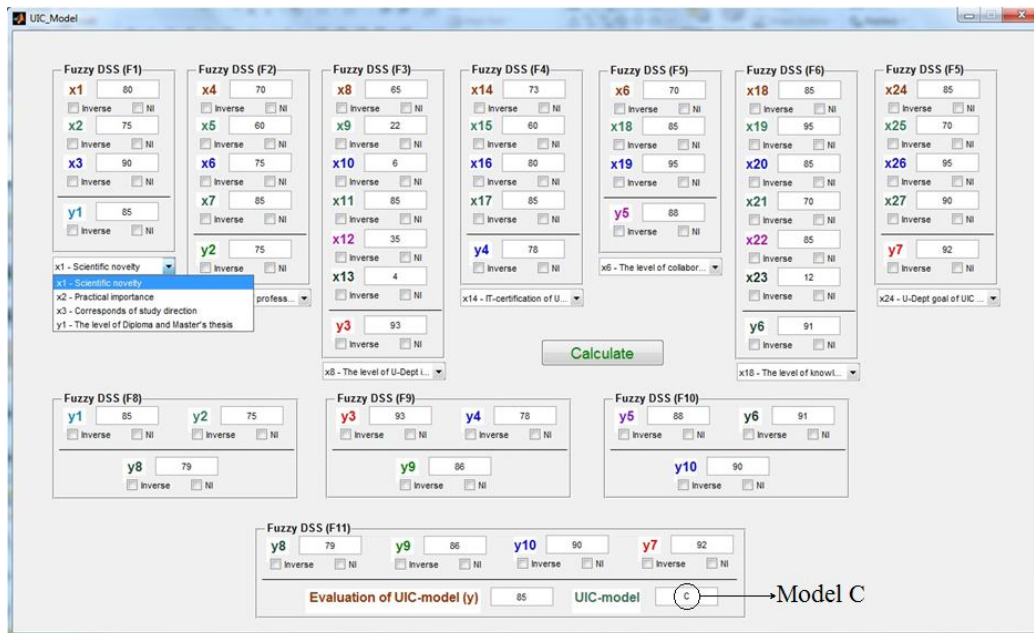


Рисунок 2 – Інтерфейс розробленої СППР для вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «університет – ІТ-компанія»

Апробація розробленої СППР доводить її високу ефективність, що підтверджено авторами як при розв'язанні практичних задач вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія», так і при вирішенні різнотипних задач транспортної логістики [7], зокрема при виборі найкращої транспортної компанії з множини існуючих альтернативних варіантів та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kondratenko Y. P. The Role of Inter-University Consortia for Improving Higher Education System // Proceedings of Phi Beta Delta (Ed. By Michael Smithee), Honor Society for International Scholars, USA (May 2011). – Volume 2, No. 1, 2011. – P. 26-27.
2. Кондратенко Ю., Харченко В. Аналіз особливостей інноваційної співпраці академічних інституцій та ІТ-компаній в напрямках S2B та B2S // Технічні вісті, № 1(39), 2(40), 2014. – С. 15-19.
3. Харченко В. С., Скляр В. В. Кооперация университетов и ИТ-индустрии: некоторые проблемы и решения // Картбланш, № 3-4, 2014. – С. 43-50.
4. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница : Универсум, 1999. – 320 с.
5. Zadeh L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh // Information and Control, № 8(3) 1965. – P. 338-353.
6. Кондратенко Г. В., Сіденко Є. В., Чекашова О. В. Особливості синтезу нечітких ієрархічних СППР у середовищі FuzzyTECH // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Ольвійський форум – 2011», Ялта (8-12 червня 2011), 2011. – С. 36.
7. Kondratenko Y. P., Sidenko Ie. V. Design and Reconfiguration of Intelligent Knowledge-Based System for Fuzzy Multi-Criterion Decision Making in Transport Logistics // Journal of Computational Optimization in Economics and Finance, Vol. 6, Issue 3, Nova Science Publishers, New York, 2014. – P. 229-242.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ МАНЕВРИРОВАНИИ МОРСКИХ СУДОВ

Мальцев А.С., Голиков В.В., Мальцев С.Э.
Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. При управлении процессом движения и маневрирования кроме информации о параметрах состоянии объекта управления и внешних воздействий, оператор загружен значительным количеством других сведений, связанных с процессом судовождения. По этой причине у него возникает необходимость обработки значительного объема информации, а в экстремальных условиях необходимо использование мыслительных способностей, что значительно увеличивает ее объем и приводит к дополнительной загрузке оператора, управляющего процессом маневрирования.

Постановка проблемы в общем виде и актуальность исследования. Результаты познания обладают свойством системности, которое в технических науках реализуется построением содержательных и формализованных моделей, адекватно описывающих поведение материальных объектов. Одновременно сформировались качественно новые общенаучные подходы к познанию процессов и явлений окружающего нас мира – системный, структурный, функциональный, информационный, модельный, вероятностный, детерминированный и ряд других.

Процесс маневрирования включает в себя: планирование траектории заданного пути; стабилизацию движения и контроль над географическими координатами, по которым должно безопасно пройти судно; анализ внешних возмущений, расчет поправок на их действие на судно и корректировка движения при их изменении; оперативная оценка опасного сближения с другими судами или навигационными препятствиями; расчет необходимого количества буксиров для обеспечения безопасного маневрирования при швартовных операциях; оперативная оценка параметров состояния движения и расчет их корректировки для принятия решения, адекватного изменяющимся условиям плавания.

На современных судах при плавании в открытом море процесс стабилизации курса автоматизирован. Переход на ручное управление осуществляется перед плаванием в стесненных условиях и выполнением морских операций.

При отклонениях от заданного пути осуществляется его перепланировка и задание установок средствам управления для приведения судна к плановому направлению движения. Увеличение общей продолжительности таких процедур значительно усложняет судовождение, что может привести к чрезмерному запаздыванию в принятии решения относительно момента начала маневра. Именно при таких условиях возникают предпосылки возникновения аварийных ситуаций.

В стесненных условиях увеличивается число и состав элементарных операций, а в экстремальных условиях необходимо использование мыслительных операций для поиска решения, что приводит к затормаживанию процесса управления. По этой причине систематизация структуры и содержания информации и ускорение ее обработки за счет автоматизации и оперативной подготовки необходимых данных в виде знаний, которые выдают рекомендации по принятию решения, является весьма актуальной.

Результаты исследований. В последнее десятилетие в судоводительской науке появились результаты научных исследований, которые в обобщенном виде приведены в монографии [1], позволяющие говорить о возможности создания систем поддержки принятия решения при управлении движением судна, которые дают возможность ставить на повестку дня вопрос обеспечения гарантированной безопасности судоходства.

Разработка [2, 3] теоретических основ способа непрерывной оценки опасности столкновения по курсовому углу линии относительного движения (ЛОД) позволяет создать навигационное устройство оперативной оценки опасности столкновения судов, включая их движение по криволинейным траекториям. Другим резервом повышения точности управления [4] является пересчет координат места приемной антенны на центр тяжести. Суть проблемы заключается в том, что маневренные свойства судна определяют для центра тяжести. Использование координат места приема антенны при управлении приводит к погрешностям, которые достигают 0,5 кбт и более. Для повышения точности контроля места указанные координаты необходимо пересчитывать на центр тяжести судна, причем такую работу необходимо выполнять путем использования автоматического устройства [1, 4, 5].

При этом предлагается судно рассматривать в виде круга диаметром L_{\max} с центром тяжести на миделе (рис. 1). Координаты центра тяжести X' и Y' рассчитываются по определенным спутниковой системой X и Y при $0^\circ \leq K \leq 90^\circ$ по следующим зависимостям:

$$X' = X - \Delta X_1 + \Delta X_2 \quad \text{и} \quad Y' = Y + \Delta Y_1 + \Delta Y_2, \quad (1)$$

где ΔX_1 – проекция расстояния точки приема антенны Ан от диаметральной плоскости ℓ_y на ось X ; ΔX_2 – проекция расстояния точки расположения антенны ℓ_x от центра тяжести по ДП на ось X ; ΔY_1 – проекция расстояния точки приема антенны Ан от диаметральной плоскости ℓ_y на ось Y ; ΔY_2 – проекция расстояния точки расположения антенны ℓ_x от центра тяжести по ДП на ось Y .

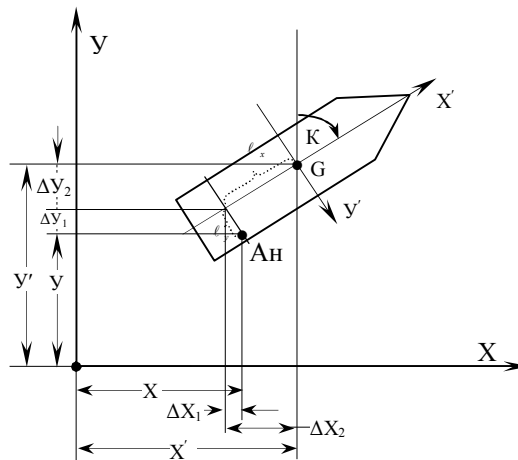


Рис. 1 – Приведение обсервации к центру тяжести судна

В развернутом виде уравнения (1) можно написать так:

$$\begin{aligned} \Delta X_1 &= l_y \cdot \cos K; \quad \Delta X_2 = l_x \cdot \sin K; \quad \Delta Y_1 = l_y \cdot \sin K; \quad \Delta Y_2 = l_x \cdot \cos K; \\ X' &= X - l_y \cdot \cos K + l_x \cdot \sin K; \quad Y' = Y + l_y \cdot \sin K + l_x \cdot \cos K, \end{aligned} \quad (2)$$

Для ускорения процесса обработки информации, при решении задачи высокоточного планирования траектории перемещения центра тяжести судна и непрерывного автоматического контроля процесса безопасного движения, при формировании навыка по подготовке к плаванию в экстремальных условиях, предлагается навигационное устройство судоводителя для расчета координат.

При решении задач управления судно рассматривают как твердое тело, текущее положение которого описывается координатами центра тяжести, включая линейную и угловую скорость вращения, а также угол дрейфа от поворота.

При планировании заданной траектории будем использовать только координаты безопасных путевых точек (ПТ).

Дальнейший порядок вычислений будет следующим [1].

1. Рассчитывают истинный курс (ИК) из начальной (нулевой) точки в последующую и расстояние между ними.

2. Определяют углы поворота от предыдущего курса в последующий $\Theta_1 = ИК_2 - ИК_1, \dots, \Theta_i = ИК_{i+1} - ИК_i, \Theta_{n-1} = ИК_n - ИК_{n-1}$.

3. Выбирают углы перекладки руля δ_{pi} для выполнения циркуляции по значению угла поворота Θ_i , из следующих соображений: $\delta_{pi} = 5^\circ$ при Θ_i до 30° , $\delta_{pi} = 10^\circ$ при Θ_i $30 \div 60^\circ$ и $\delta_{pi} = 15^\circ$ при $\Theta_i > 60^\circ$.

4. По координатам ПТ и углу поворота рассчитывают координаты точек начала и окончания циркуляции методом отрезков для каждой ПТ и строят траекторию поворота в виде траекторных точек (ТТ) через 5 или 10 градусов поворота, как показано на рис.2.

5. Результаты расчета представляют в виде массивов путевых матриц от точки окончания поворота предыдущего курса до точки начала поворота на последующий курс и матриц ТТ поворота для всех ПТ в следующей последовательности:

$$M_{01}, M_{п12}, M_{12}, M_{п23}, M_{23} \dots M_{пi(i+1)}, M_{i(i+1)}, \dots M_{п(m-1)m}, M_{(m-1)m}. \quad (3)$$

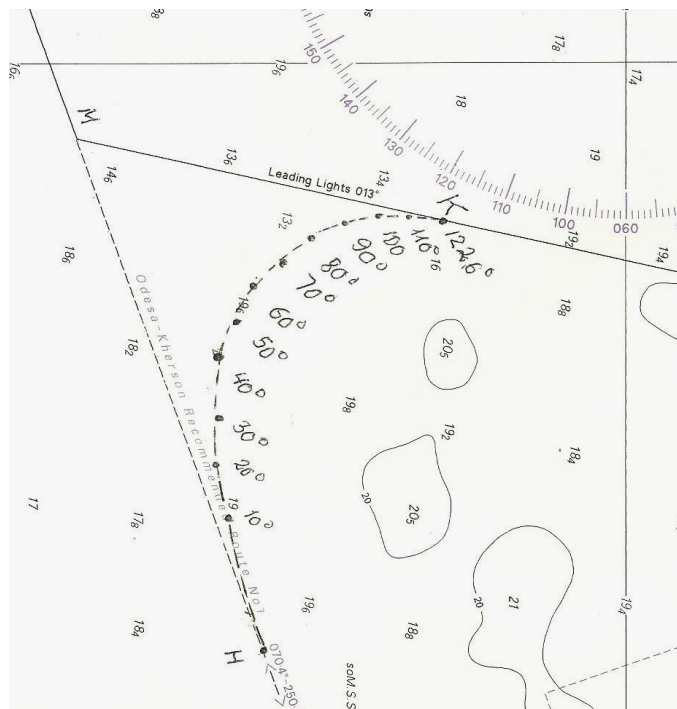


Рисунок 2 – Поворот на канал порта Южный

Матрицы перехода не содержат сведений о траектории пути от причала до места высадки лоцмана при отходе и от места приема лоцмана до причала в порту прихода. Этот участок описывается при формировании лоцманом навигационного плана лоцманской проводки и судном в виде судового плана плавания под лоцманской проводкой, и формируются по отдельной методике [4, 5].

Функциональная схема системы высокоточного планирования траектории движения центра тяжести и непрерывного автоматического контроля процесса движения в стесненных условиях приведена в работе [4].

Существенным вкладом в безопасное управление судном могут оказать два

навигационных устройства [6,7] – появление полюса поворота (ПП) на контуре судна и отклонение ЦТ от плановой траектории движения на недопустимую величину [8], которую назначает судоводитель по условиям плавания. Появление ПП означает начало криволинейного движения, а величина его абсциссы определяет угловую скорость поворота. При появлении недопустимого отклонения срабатывает звуковая и световая сигнализация, которая предлагает судоводителю скомпенсировать недопустимое отклонение ЦТ от планового пути.

Несмотря на возможность оценки опасности столкновения собственного судна с другими путем использования современных средств автоматизированной радиолокационной прокладки (САРП), она не позволяет предложить эффективную систему поддержки принятия по расхождению при сближении.

Разработанное навигационное устройство [9] позволяет определить расстояние и время наступления чрезмерного, опасного и аварийного сближения и вырабатывает решение по предупреждению навигационного происшествия.

Анализ причин происшествия при работе буксиров во время морских операций в экстремальных условиях позволил установить, что причину аварийного происшествия является недостаточная мощность резервных управляющих сил. Это позволило предложить способ выбора количества буксиров [10], по максимальной силе упора винта швартуемого судна и погодным условиям, что обеспечивает создание адекватных резервных управляющих сил. Этот способ создает предпосылки для нормирования буксирного обеспечения для безопасного маневрирования.

Выводы и предложения. Рассмотренная методология решения судоводительских задач позволяет создать широкий спектр навигационных устройств поддержки принятия решения, которые включают системы: расчета маневренных характеристик; пересчета координат приемной спутниковой системы на центр тяжести; высокоточного планирования заданного пути, включая криволинейные участки; определения положения ПП; высокоточный контроль бокового отклонения ЦТ от планового пути; оценки опасного сближения и разработка рекомендации по его предупреждению; нормирования буксирного обеспечения при швартовных операциях для гарантированной безопасности маневрирования; выбора оптимального управления авторулевым в шторм; оценки опасности столкновения береговыми навигационными устройствами между судами в море и выдача рекомендаций для их безопасного расхождения.

Система высокоточного планирования заданного пути находится в стадии изготовления опытного образца. Рассмотренные системы позволяют создать высокоточный навигационный судовой и береговой комплексы, которые на новом уровне позволят обеспечить гарантированную безопасность судоходства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А.С. Методологические основы маневрирования судов при сближении. Монография. / А.С. Мальцев, В.В. Голиков, И.В. Сафин, В.В. Мамонтов.// - Одесса.: ОНМА, 2013. – 218 с.
2. Мальцев А.С. Способ оценки опасности столкновения в системах управления движением судов / А.С. Мальцев, А.П. Бень, Нгуен Тхань Шон // Судовождение: Сб. Научн. Трудов/ ОНМА. Вып.16 – Одесса: «Издат информ», 2009. – С. 97- 107.
3. Патент МПК (2009) G 086 3/00 Пристрій для оцінки небезпеки зіткнення суден за курсовим кутом лінії відносного руху./ Мальцев А.С., Бень А.П., Нгуен Тхань Шон.// заявник Херсонська морська академія. - № и 2008 12021; заявлено 10.10.2008; опубліковано 10.04.2009, Бюл. № 7.
4. Мальцев А.С. Теория и практика безопасного управления судном при маневрировании. / А.С.Мальцев.//Дис....докт. техн. наук: 05.22.16. – Одесса, 2007. – 395 с.

5. Вильский Г.Б. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов. / Г.Б.Вильский, А.С.Мальцев, В.В. Бездольный, Е.И. Гончаров. – Одесса-Николаев: Фенікс, 2007. – 456 с.
6. Голиков В.В. Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна/В.В.Голиков., С.Э.Мальцев. Научный журнал.-Херсон.:ХГМА, 2013. №1(8). С. 21 – 27.
7. Патент 91006 UA. МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для інформаційного забезпечення маневрування морського судна. /Голиков В.В., Мальцев С.Е. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2013 04429; заявлено 25.04.2013; опубліковано 25.06.2014, Бюл. № 12.
8. Патент 57713 UA. МПК(2011.01) G08G 3/00. Пристрій для попередження посадки судна на міліну./ Мальцев А.С., Ворохобін І.І., Соколенко В.І. Заявник Одеська національна морська академія. - № u201009828; заявлено 06.08.2010; опубліковано 10.03.2011, Бюл. № 5.
9. Патент 89389 UA. МПК(2014.01) G08G3/02. Пристрій для визначення небезпеки зіткнення, відстані і часу надмірного наближення та інформаційного забезпечення маневру останнього моменту. / Голиков В.В., Мальцев А. С., Сафін І.В., Мамонтов В.В. Заявник Одеська національна морська академія. - № u 2013 08715; заявлено 11.07.2013; опубліковано 25.04.2014, Бюл. № 8.
10. Патент 89382 UA. МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для розрахунку необхідної кількості буксирів для гарантованої безпеки маневрування в порту/ Голиков В.В., Мамонтов В.В. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2013 07560; заявлено 14.06.2013; опубліковано 25.04.2014, Бюл. № 8.
11. Патент 96302 UA МПК (2015/01) B6H 25/00 Система компенсаційного автоматичного управління курсом судна./ Мальцев А.С., Львов В.Е. , Голиков В.В., Костенко П.А.// заявники Мальцев А.С., Львов В.Е. , Голиков В.В., Костенко П.А. - № u 2014 09417; заявлено 26.08.2014; опубліковано 26.01.2015, Бюл. № 2.

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Михайленко В.С., Асланов А.М.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Ключевым фактором повышения эффективности процессов эксплуатации транспортных систем является выработка качественных управленческих решений. Рациональное управление техническими системами сложного объекта невозможно без реализации процессов человеко-машинной системы. Такая система, являясь эргатической, характеризуется как сложная система управления, включающая человека-оператора, технические устройства, объект управления и внешнюю среду. Тенденции автоматизации процессов управления направлены на передачу все большего числа управленческих действий информационным системам. Таким образом, возрастают требования к информационным и техническим системам, участвующим в процессе принятия решения. Однако, несмотря на развитие, в системах управления и принятия решений, компьютерно-интегрированные технологии, выбор окончательного решения остается за человеком.

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации эргатических систем управления теплоэнергетическими объектами показывает, что непременным условием повышения их эффективности является внедрение интеллектуальных технологий. Так, компания Praxis Engineers, Inc (США), на основе нейронных сетей, генетических алгоритмов и нечеткой логики разработала технологию OptiMation, позволяющую снизить затраты на эксплуатацию энергоблоков путем системной оптимизации и эффективной обработки информации. Внедрение нейросетевого контроллера на котельной установке Garth в Лондоне позволило уменьшить выбросы CO на 60% и NO_x на 10%. Анализ результатов испытаний интеллектуальных систем мониторинга и управления на зарубежных тепловых электрических станциях (ТЭС) показал, что за счет оптимизации процесса горения происходит повышение КПД котла на 3–5%, снижение выбросов NO_x на 20–30% и уменьшение расхода топлива до 15%. [1] В телекоммуникационных технологиях, в настоящее время в ряде зарубежных телекоммуникационных компаниях начинают получать широкое распространение маршрутизаторы, действующие на основе теории искусственного интеллекта. Так сетевые устройства компании Cisco (AIR) обеспечивают сбор и распределение ресурсов в сети мобильной связи для оптимизации передачи данных за счет технологии адаптивной интеллектуальной маршрутизации [2].

Другой ведущей зарубежной компанией предложен интеллектуальный маршрутизатор QLogic iSR6140, который разработан для универсализации соединений между серверами и хранилищами в сети хранения данных. Компанией Microsoft представлен интеллектуальный маршрутизатор ARTA который позволяет осуществить [3]:

- автоматический поиск маршрутизации по критерию удаленности;
- автоматический поиск маршрутизации по критерию качества соединения;
- автоматический поиск маршрутизации по критерию прибыли и т.д.

Однако, несмотря на то, что решению проблем адаптивной интеллектуальной маршрутизации посвящено значительное число работ, задачи оптимизации сетевых маршрутов с учетом динамизма параметров сети остается недостаточно решенными и являются актуальными. Также можно отметить, что широкий круг вопросов, связанных с построением, наладкой, эксплуатацией и адаптацией эргатических систем управления и диагностики транспортных средств, не решен и сохраняет свою актуальность.

Целью исследования является разработка нечетких математических моделей в системы поддержки принятия решений (СППР) позволяющих ускорить процесс принятия решений наладчиком АСУ ТП при настройке двухкантурной системы регулирования, а также системным администратором промышленной компьютерной сети для снижения задержки передачи оперативных данных на верхние уровни управления АСУ.

Реализация нечеткой модели управления двухсвязной АСУ. Настройка традиционных ПИ – регуляторов в двухсвязных системах автоматического регулирования весьма трудоемкая задача, требующая детальной корректировки настроек: K_p – коэффициента передачи и T_u – времени интегрирования при проведении пуско-наладочных работ.

Общий подход к корректировке параметров динамической настройки относительно расчетных значений может быть качественным или нечетким т.е. в виде лингвистических правил составленных опытными наладчиками – экспертами и дополненных автором:

- если переходный процесс характеризуется слабой колебательностью (или отсутствием таковой), но большой длительностью, то K_p регулятора следует увеличивать, а T_u уменьшать;
- если переходный процесс носит сильно выраженный колебательный характер, то K_p должен быть уменьшен;
- если переходный процесс имеет слабую колебательность и малое время регулирования, то он близок к наилучшему.

Однако, в производственных условиях работы сложного объекта, при частых изменениях нагрузок и внешних возмущений, значения параметров передаточных функций объекта подвержены динамизму, что требует от наладчика установки новых значений настроек регулятора. Но в силу ограниченности времени, нехватки технических средств регистрации, отсутствия знаний и опыта, специалисты по автоматизации часто не могут рассчитать оптимальные настройки для двухсвязных ПИ - регуляторов, что приводит к снижению эффективности работы всего энергоблока.

Исходя из вышесказанного, автором предлагается применение, более эффективного, двухканального нечеткого регулятора работающего на основе алгоритма Мамдани. Целью методики синтеза нечеткой АСУ является разработка нечеткой модели регулирования процессов соотношения «топливо-воздух» и компьютерная апробация полученной модели в неопределенных условиях (при изменении значений параметров передаточной функций объекта).

На начальном этапе предлагается структурная схема нечеткой АСУ ТП (рис. 1)

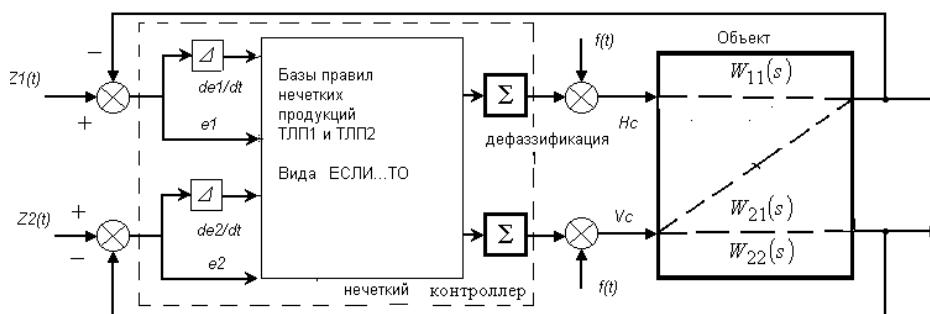


Рисунок 1 – Структурная схема двухканального нечеткого контроллера

На следующем этапе, при помощи пакета Fuzzy Logic Toolbox, производится определение числа входов и выходов, а также их фаззификация. Исходя из общеизвестной структуры нечеткого регулятора [4] на вход регулятора подаются четыре лингвистические переменные: (e_1 , e_2 – сигналы рассогласования двух каналов; de_1/dt , de_2/dt – производные сигналов рассогласования), а выходом являются (H_c , V_c – управляющие воздействия).

При проведенні фазифікації определяються нечіткі множини для відхилення $e_1(t)$ і швидкості її зміни $e_1'(t)$, керуючого впливу $H_c(t)$, а також для помилки $e_2(t)$, і швидкості її зміни $e_2'(t)$ і керуючого впливу $V_c(t)$ по другому каналу регулювання. Апробація запропонованої моделі в пакеті MatLab, дозволило отримати очікувані перехідні процеси.

Реалізація нечіткого показателя якості маршрутизації в промисловій комп'ютерній мережі. При реалізації СППР для системного адміністратора, показано, що при розробці алгоритмів маршрутизації (доставки даних по вибраному маршруту в мережі) часто переслідують одну або декілька з перерахованих вище цілей або критеріїв: 1. Оптимальність, 2. Простота і низькі непродуктивні витрати, 3. Живучість і стабільність, 4. Швидка збіжність, 5. Гнучкість, 6. Самонавчальність, 7. Урахування досвіду експертів. Проаналізована робота маршрутизатора комп'ютерної мережі (КС) компанії Торренс. Встановлено, що типовий маршрутизатор Cisco, діючий за протоколом IGRP – Interior Gateway Routing Protocol, розрізняє велику кількість метрик, таких як: затримка мережі, пропускна спроможність, надійність, навантаженість мережі. Для порівняння маршрутів ці метрики використовуються в формулі, яка вираховує кінцеву метрику. Вагові коефіцієнти цих показників можуть вибиратися автоматично або задаватися адміністратором мережі. Алгоритм вимагає від кожного роутера надіслати через певні інтервали часу всім сусіднім роутерам всієї або частини своєї маршрутною таблиці в повідомленнях про корекцію маршруту. По мірі того, як маршрутна інформація поширюється по мережі, роутери можуть вираховувати відстані до всіх вузлів об'єднаної мережі. Таким чином, IGRP використовує комбінацію (вектор) показників, в які входять затримка об'єднаної мережі (internet network delay), ширина смуги (bandwidth), надійність (reliability) і навантаження (load). IGRP передбачає широкий діапазон значень для своїх показників. Найважливішим є те, що компоненти показників можуть об'єднуватися за алгоритмом, який визначає користувач. В результаті адміністратори мережі можуть впливати на вибір маршруту, покладаючись на свою інтуїцію. Для спрощення виконуваної роботи пропонується використання СППР реалізуючий апарат нечіткої логіки. Встановлено, що недоліком проаналізованого алгоритму можна вважати навантаженість адміністратора, а також відсутність можливості самонавчання т.е. низький рівень інтелектуальності, що може відобразитися в формі «людського фактора», викликаного помилками адміністратора і в цілому дозволяючого знизити ефективність роботи всієї КС. В силу складності одночасної оптимізації ряду представлених параметрів КС авторами запропоновано експертний комбінований показник якості P , що представляє собою мінімум сумми взважених відношень: затримки, швидкості передачі даних, довжини ліній зв'язу, кількості проміжних вузлів. Використання запропонованого показника в інтелектуальних маршрутизаторах (роутерах) дозволяє досягти очікуваних параметрів роботи КС відповідних технологічному регламенту, порівняно з традиційними показниками при функціонуванні об'єктів в умовах динамічності навантаження і інших випадкових факторів.

$$P = \min_{i,j} (w_L Z_i + w_R V_j + w_t L_\gamma + w_\phi U_\alpha); \quad (1)$$

де $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, m$; n, m – кількість надісланих пакетів при варіації параметрів КС; w_L, w_R – вагові коефіцієнти: $w_L + w_R + w_t + w_\phi = 1$. Параметри $w_L, w_R, w_t + w_\phi$ – визначає експерт; $Z_i = z_k/z_d$ (z_k – затримка в поточний момент часу, z_d – допустима затримка),

Остаточні взважені параметри також представляють собою безрозмірні величини визначаються як відношення поточного значення до гранично допустимого з точки зору експертів – проєктувальника і адміністратора комп'ютерної мережі.

Для апробации предложенного показателя и сравнения его с типовыми алгоритмами проведен имитационный эксперимент в пакете NetEmul (рис. 2) демонстрирующий меньшее время доставки пакета по сравнению с типовым методом Дейкстры, по одному маршруту на 5 секунд.

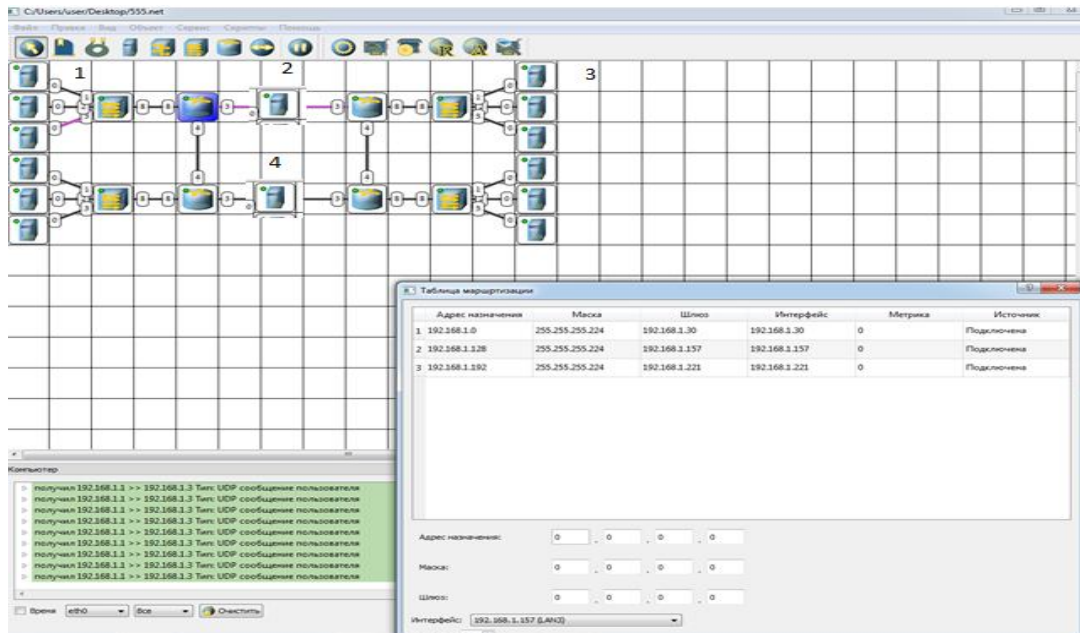


Рисунок 2 – Имитационный эксперимент

Выводы. Авторами предложен ряд нечетких моделей для систем автоматизированного управления и маршрутизации данных учитывающих опыт, знания и интуицию экспертов. Апробация нечетких моделей и экспертных показателей продемонстрировала ожидаемые показатели работы имитационных систем двухсвязного регулирования и передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ибрагимов И. М. Использование систем искусственного интеллекта при эксплуатации энергетических объектов / И. М. Ибрагимов // Надежность и безопасность энергетики. – 2008. – № 1. – С. 51-56.
2. http://dscon.com.ua/fibre_channel/fc_iscsi_router_qlogic_isr6140.htm
3. <http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?15/95/58>
4. Михайленко В. С. Анализ методов разработки нечетких САР для управления сложными взаимосвязанными объектами / В. С. Михайленко, В.Ф. Ложечников // Автоматика. Автоматизация. Электрические комплексы и системы. – 2009. – №1 (23). – С. 171-177.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ ТОПЛИВА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ТРАНСОКЕАНСКИХ ПЕРЕХОДОВ МОРСКИХ СУДОВ

Паламарчук І.В.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

В случае, когда трасса предстоящего плавания включает в себя океанский переход, влияние погоды и состояние моря приобретают важное и нередко основное значение с позиций выбора наиболее выгоднейшего пути судна. При осуществлении такого выбора возникает потребность одновременного удовлетворения нескольких критериев: переход для судна должен быть безопасным, экономичным, протекать в желаемые сроки и при наиболее благоприятных внешних условиях, обеспечивать безопасную перевозку грузов, комфорт пассажиров и экипажа, при минимальном расходе топлива и смазочных материалов.

Критерии выбора пути неразрывно связаны с конкретными условиями предстоящего перехода – ветром и волнением, осадками и видимостью, течениями и льдами и т.п., каждое из которых оказывает большее или меньшее влияние на оптимальность того или иного маршрута. Эксплуатационные расходы за рейс пропорциональны его продолжительности. Поэтому экономически выгоден такой путь судна, который ведёт к завершению заданного плавания в кратчайшие сроки при соблюдении оптимальных условий безопасности для людей, груза и самого судна. Надо отметить, что не всегда кратчайший путь может быть самым экономичным, как и безопасным.

В настоящее время прокладка трансокеанского перехода, учет отклонений от первоначального курса в зависимости от встречающихся на пути опасностей (циклоны, тайфуны, участки суши, пиратские районы, ледовая обстановка и др.), управление авторулевым и режимами работы судовой энергетической установки (СЕУ) производится капитаном судна и его помощниками в ручном режиме, либо с немногочисленной автоматизированной поддержкой (расчёт ДБК, перекладки пера руля) на разрозненных навигационных модулях [1, 2]. В сложившихся условиях становится актуальным использование специализированных СППР судоводителя для оптимизации эксплуатационных затрат рейса.

Реализация оптимального трансокеанского маршрута и режимов работы СЕУ во время его выполнения позволит улучшить технико-экономические показатели рейса и повысить уровень его безопасности. Это приведет к сокращению затраты компании-судовладельца и фрахтователя судна, за счет снижения расхода топлива на протяжении рейса и выдерживания требований чартера о сроках прихода судна в порт назначения.

Перспективным направлением дальнейших исследований является оптимизация режимов работы СЕУ в зависимости от изменения погодных условий во время рейса.

ЛІТЕРАТУРА

1. S. Marie & E. Courteille (2009), Multi-Objective Optimization of Motor Vessel Route, *TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Volume 3, Number 2, June 2009, p. 133-141
2. Carl-Uwe Böttner Weather routing for ships in degraded condition, *Journal on Technical University Berlin, Germany*, 2004, p. 213-219.

BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS

Pivovarov L.A., Derevianko Yu.Yu., Klementjeva O.Yu.

Kherson state maritime academy
(Ukraine)

Introduction. It is estimated by the IMO (International Maritime Organisation) that the world's cargo vessels move around 10 billion tonnes of ballast water around the world and that an average of more than 3000 species of animals and plant species are being moved around the world daily. Once such invasive species are introduced into to local environments, it is virtually impossible to get rid of them and the potential effects on the local habitat and the local economy are huge and expensive.

Topicality. The IMO began to analyse this issue in the early 1990's with the creation of the Ballast Water Working Group and the subsequently resulted in the formulation of a set of regulations and a discharge standard now known as 'The international Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments'. This new MARPOL convention is currently undergoing ratification by the governments of IMO signatory countries and is expected to become International law after being ratified by at least 30 countries, representing 35% of the world's fleet (by gross tonnage).

Ballast Water Treatment Systems(BWT). Since that time BWT technologies arose from the need to meet the D-2 (effectively the ballast treatment standard) requirement of the convention, which imposes regulatory requirements on the number and dimensions of organisms and bacteria that can be discharged in ballast water, as well as definitive timetable for implementation.

All BWT equipment must meet the D-2 performance standard in order to comply with the convention.

Table 1 – IMO D-2 Standarts for Discharged Ballast Water

<i>Organism</i>	<i>Max Quantity / m³ of ballast water</i>
Plankton, >50µm min	10 cells/m ²
Plankton, 10-50µm	10 cells/ml
Toxigenic Vibrio cholera (01 & 0139)	1 cfu ² /100 ml
Escherichia coli (E. coli)	250 cfu/100 ml
Intestinal Enterococci	100 cfu/100 ml

Timetable for Compliance. The time-table for compliance established by IMO was based on the ballast capacity of a vessel, with the view that for existing vessels with less than 1500 m³ of ballast capacity they would be likely to have limited space in which to install treatment equipment, and for larger vessels with ballast capacities of greater than 5000m³ ballast capacity, there could be a problem with the availability of technology suitable to treat the larger ballast capacity.

Available BWT Technologies. The IMO standards do not restrict how BWT can be effected, leaving the choice of technology to be used to the ship owner, and this has spurred a number of testament technologies to emerge in response to the challenges of meeting the IMO D-2 standard.

Available treatment technologies fall broadly into 3 categories; however in practice BWT manufacturers have often combined 2 or more of these technologies when developing their systems.

Table 2 – Treatment Tehnologies

<i>Category</i>	<i>Treatment Tehnologies</i>	<i>DischargeTreatment</i>
Filtration or Physical Separation	Surface Filtration	None
	Mechanical Separation	None
	Flocculation / Coagulation	None
	Chemical Chorination	Chemical reduction (sulphite / bisulphite)
Chemical Treatment	Electro-Chlorination	Chemical reduction (sulphite / bisulphite)
	Chorine Dioxide	None
	Ozone	None
Physical Treatment	UV Irradiation	None
	UV plus TiO ₂	None
	Inert gas injection	None
	De-Oxygenation	None
	Cavitation	None
	Ultrasonic Treatment	None

Ballast Water Treatment Systems. New systems still rolling out. New players analyzed design problems of competitors, but operational experience world wide is still small. The price of equipment have drastically reduced in last years, however expected reverse trend post ratification.

Retrofit project for BWTS is very costly exercise, both in purchase and further operation. Costs may be decreased in case of installation system for one pump only. This will, however, have effect to decreased cargo discharge rate (and for some systems for cargo loading as well). For systems using TRO neutralization, neutralizer of double capacity should be installed to avoid limitation during ballast discharge, but this may contradict Type Approval.

Precise offer for each vessel can be received after vessel's survey. Lack of confidence in the type approval process. After installing a type approved system, the owner is still responsible for compliance of the discharge throughout the vessel's life with the D-2 standards. At current days, samples testing is practically difficult and costly for PSC, but there are various developments on the way. Neither the G8, nor the EVT protocol guarantee treatment of all types of water to D-2 standard: «Approval of a system, however, does not ensure that a given system will work on all vessels or in all situations». In case of doubt regarding treatment performance of the given water, or if system failed during ballast intake, sequential water exchange with treatment when out of port, may be an option.

Two important parameters, temperature and salinity, are not included as limiting parameters of BWTS – system can undergo type approval testing under narrow range of salinity and temperature and gets approval for the full range. IMO requirement is to test in two levels of salinity, separated by 10 PSU. It is expected that USCG type approvals will provide improved confidence in the systems, however it is anticipated to be years until a sufficient numbers of systems are USCG type approved, in spite of requirements are already in the force. Use of some systems may require pre-planned ballast water management onboard (including ballast exchange), to keep the BWTS working within its operational limitation. Not simple ON/OFF operation. Vessels operating in low temperatures may need to have additional modifications (water preheating, deck houses with heating and fire alarm/protection etc) Lack of proper experience data is a serious challenge. On some FRAMO vessels lack of HPU power during cargo discharge may be expected (due to the ballasting by gravity is not possible for the most systems). Application of the filtering technologies may limit cargo discharge operations (water quality issue). For some vessels with pump rooms, modification of fuel tanks (capacity decrease) may be needed, in order to accommodate BWTS of full capacity without operational limitations. Some systems cannot discharge water during 48 – 72 hours (holding time for proper treatment due to technology). All systems using chemicals or active substances are

laboratory tested resulting to the conclusion that it is unlikely that they will affect either the ballast tank coatings or increase substantially the corrosive effect on steel components. However, this evaluation must be confirmed valid by monitoring such effects during operation for a suitable period of time, definitely longer than the six months duration of tests. The lack of space onboard the vessel for retrofit installation of BWTS (big footprint and needed maintenance space).

Some vessels equipped with submerged ballast pumps, thus ballast system must be looped to the deck level, where BWTS should be installed in deck house. For the vessels of ice class, deck house must have heating arrangements.

Limited available electrical power to supply retrofit installation of BWTS. Major ballast water treatment is done during cargo discharge (ballast intake). Power consumption for number of systems affected by water condition (salinity, temperature), thus advised power consumption must be referred to the ambient conditions. Back-flushing operation of the filters also must be considered.

Additional booster pump may be required (or upgrade of existing ballast pumps where feasible). Most of the offers based on partial or full prepayment

Suggestions. BWTS market is very dynamic these days. Selection of the maker cannot be finalized today due to new developments continue to appear on the market. Below recommendation is based on current situation and available information. By default we assume that vessels will periodically work in low salinity areas. Thus, systems with side stream electrolysis become non attractive due to need of sea water storage and complicated ballast management onboard. Systems, based on chemicals injections, have impact to the running budget due to chemicals supply. Such systems recommended for vessels with long voyages and minimized amount of ballast operations. In case of approval from Owners for NEI and Ecochlor, it is recommended to make deposit in 2015 in order to secure purchase cost. Without clear intentions to fix contract with deposit, further negotiations of conditions are not effective. While we are sceptic about real value for Frame Agreements without deposits, we still recommend to have such.

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ С ТЯЖЕЛЫМИ НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДАХ

Соловей А.С.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Несмотря на кризисные явления в экономике объемы морских перевозок продолжают расти. Особенно заметным является рост перевозок, так как называемых генеральных (проектных) грузов для потребностей энергетической промышленности, офшорной индустрии, значительную часть из которых составляют тяжелые негабаритные грузы. В условиях, когда необходимо обеспечить максимально полную загрузку судна, экономические соображения заставляют вводить в эксплуатацию все более крупные суда, оборудованные собственными кранами грузоподъемностью до 1000 тонн.

Актуальность исследования. В современном мировом торговом флоте на 2014 г., согласно данным Международной морской организации (ИМО), насчитывается около 50000 судов, из которых большая часть приходится на сухогрузные суда: балкера (16 800 судов) и универсальные суда для перевозки генеральных грузов (10 400 судов). Значительную часть универсальных судов (General Cargo Ships) составляют специализированные суда для перевозки тяжелых негабаритных грузов (Heavy Lift Carrier). Этот класс судов можно разделить на 4 группы:

- универсальные суда, оснащенные тяжелыми грузовыми стрелами (SWL от 25 т до 350 т) – составляют примерно 10% от общего числа судов класса;
- контейнеровозы-фидеры (container feeder vessel) с грузоместимостью до 500 TEU, оборудованные 2-3 судовыми кранами (SWL от 30 т до 80 т) – составляют примерно 30% от общего числа судов класса;
- специализированные суда-тяжеловозы, оборудованные 2-3 тяжелыми судовыми кранами (SWL от 120 т до 1000 т) для перевозки тяжелых негабаритных грузов – составляют примерно 40% от общего числа судов класса;
- полупогружаемые суда (semi-submersible vessel), используемые для перевозки буровых платформ, других судов – составляют примерно 20% от общего числа судов класса.

Согласно проведенному анализу по данным наиболее крупных судоходных компаний – мировых лидеров на рынке морских перевозок тяжелых негабаритных грузов (Jambo Shipping, BigLift Shipping, Spliethoff, Hansa Heavy Lift, BBC Chartering, Intermarine, SAL, Harren & Partner), основной сегмент их флота составляют суда-тяжеловозы дедвейтом до 20 000 т, оборудованные 2 тяжелыми судовыми кранами SWL от 120 т до 450 т. На долю этих судов приходится около 70% перевозимых тяжелых негабаритных грузов.

Решению проблемы обеспечения безопасности грузовых операций на судах типа Heavy Lift посвящено большое количество теоретических и практических разработок. Из анализа представленных работ следует, что повышение безопасности грузовых операций на судах типа Heavy Lift может быть обеспечено в случае наличия комплексных программных средств управления погрузкой/выгрузкой судна.

Общим недостатком существующих программных средств является то, что они решают только прямую задачу: по заданной загрузке производится оценка параметров мореходности судна, хотя имеющиеся теоретические разработки и современные компьютерные технологии позволяют разработку программ, способных при заданных допустимых параметрах посадки, остойчивости и общей продольной прочности, а также

по предъявленному к перевозке грузу находит оптимальный (или приемлемый) вариант загрузки. Кроме того существующие программные средства, как правило, привязаны к конкретному судну. В связи с этим представляется необходимым ориентироваться на определенные классы судов, сформированные по нескольким параметрам (дедвейт, количество и грузоподъемность судовых кранов).

Основной материал. Многообразие решаемых судоводителем задач при реализации технологического процесса погрузки тяжелого негабаритного груза, протекающее в общем случае в условиях неопределенности, обуславливает необходимость создания специализированных систем поддержки принятия решений (СППР), позволяющих существенно повысить качество управления процессом погрузки.

По результатам проведенного сравнительного анализа видно, что создание систем контроля параметров остойчивости является актуальным исследованием, направленным на повышение безопасности при осуществлении грузовых операций.

Для того, чтобы определить возможность возникновения опасного наклонения в процессе погрузки и выгрузки судна судоводителями могут быть произведены предварительные расчеты, которые позволят найти параметры остойчивости и оценить углы крена, которые могут возникнуть на судне при последующих погрузочно-разгрузочных операциях [1]. При выполнении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами судоводителю, управляющему и контролирующему процесс погрузки тяжелых и негабаритных грузов судовыми кранами на судно, приходится сталкиваться с проблемой постоянного контроля нескольких параметров, влияющих на остойчивость судна, а как следствие на безопасность проведения грузовых операций.

Контроль вышеуказанных параметров напрямую зависит от особенностей остойчивости судна при различных вариантах погрузки и выгрузки тяжелого негабаритного груза [2].

Поскольку процесс управления погрузкой тяжелого негабаритного груза на специализированное судно осуществляется в режиме реального времени, крайне важным является оперативность принятия управленческих решений в процессе погрузки.

Решение этой задачи может быть обеспечено путем использования системы поддержки принятия решения (СППР) по управлению динамическими параметрами, контролируемые при погрузке тяжелых и негабаритных грузов. Данная СППР должна содержать базу правил по принятию решений, которая анализирует изменение этих динамических параметров и рекомендует лицу, принимающему решения (судоводителю), внесение изменений в процесс погрузки/выгрузки, гарантирующих безопасное проведение грузовых операций. Например: при росте нагрузки на гак стрелы судового крана увеличивается крен судна на борт, с которого поднимается груз, а поперечная метацентрическая высота (GM) уменьшается. Максимальное изменение (уменьшение) GM будет в момент отрыва груза от причала. При одновременном росте крена судна в этот момент возрастает риск опрокидывания судна, и для того, чтобы его снизить, надо переместить необходимое количество балласта на противоположный борт судна.

Разработка таких СППР и решение оптимизационных задач сталкивается с рядом трудностей, связанных с особенностями процесса погрузки/выгрузки грузов, среди которых необходимо отметить следующие:

- сложность математической модели процесса управления погрузкой/выгрузкой;
- необходимость контроля большого количества параметров в режиме реального времени;
- необходимость выполнения нормативных требований, регламентирующих требования безопасности, в процессе погрузки/выгрузки на судне.

При создании специализированных СППР необходимо формировать базу знаний по процедурам погрузки/выгрузки, уже отработанным на реальных примерах в практике морского судоходства, и использующих методы многокритериальной оптимизации для

решения задач выбора наилучших управляющих воздействий для конкретного процесса погрузки/выгрузки.

Таким образом, для эффективного решения задачи контроля подъемного угла (НА) во время проведения грузовых операций с тяжелыми негабаритными грузами на специализированных судах необходимо разработать математическую модель контроля параметров (подъемный угол НА, поперечная метацентрическая высота GM, угол крена, количество балласта), влияющих на погрузку судна при осуществлении таких операций, с последующим решением многокритериальной оптимизационной задачи выбора из значений для обеспечения требуемого уровня безопасности выполнения этих операций.

Выводы. Использование предложенной методики по созданию систем поддержки принятия решений при проведении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах, оборудованными собственными кранами, позволит при существующем уровне оборудования снизить уровень риска, повысит безопасность этих операций, снизит экономические затраты за счет сокращения времени грузовых операций, уменьшит влияние так называемого «человеческого фактора» на процесс их выполнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. BBC Guideline. Safe solutions for project cargo operations. – Leer: BBC Chartering and Logistic GmbH&Co.KG, 2009. – 76 p.
2. Ершов А. А. Контроль остойчивости и посадки судна при погрузке и выгрузке. – Санкт-Петербург : Издательство ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2002. – 60 с.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Стрелковская Л.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Актуальность исследования Надежность судовых дизельных установок является одним из основных требований к эксплуатации судов. Для достижения высокого уровня надежности во время эксплуатации судовых дизельных установок необходимо производить периодическое определение технического состояния дизеля, обнаруживать возникновение дефектов и своевременно осуществлять мероприятия по поддержке и восстановлению его технического состояния. На сегодняшний день оценка и прогнозирования технического состояния судовых двигателей в динамике работы остается актуальной задачей.

Целью статьи является обоснование использования нечетких нейронных сетей для определения технического состояния судового двигателя в процессе его работы.

Основная часть. Поскольку основная часть методов технического диагностирования направлена на оценивание технического состояния отдельных узлов, подсистем и элементов, а не системы в целом [1-3], то существует вероятность получения недостоверной информации о техническом состоянии системы, не говоря уже о его прогнозировании.

Одним из возможных вариантов решения проблемы прогнозирования является использование метода основанного на нечетких нейронных сетях [4, 5], который позволяет не только сравнивать фиксированные показатели датчиков с эталонными значениями, но и анализировать полученные значения в комплексе, тем самым прогнозируя сбои в работе, как самой системы, так и составляющих ее элементов.

Решение разнообразных задач происходит за счет способности сети к обучению и выявлению скрытых зависимостей во входных параметрах. Обучение производится на основе базы данных, которая состоит из множества характеристик, отвечающих различным нормальным и предельным режимам работы двигателя. Для корректного функционирования нечеткой нейронной системы главным условием является подбор таких характеристик предельных состояний, при которых две различные неисправности не могут иметь идентичные признаки.

Поскольку судовой двигатель является сложной технической системой, то нельзя однозначно определить все отказы или предотказные его состояния. Тем не менее, можно выделить то множество его состояний, в которых он находится в определенный момент времени. На основании этих данных существует возможность определить степень влияния каждого информационного параметра на вероятность перехода двигателя в одно из возможных технических состояний. Именно по - этому для определения технического состояния двигателя может использоваться метод подбора весовых коэффициентов – межнейронных связей на основе обучения, а также нейронных сетей, работа которых основана на принципах нечеткой логики, которые в качестве обучения используют различные методы, такие как с «учителем» так и самообучением.

Благодаря возможности сети обрабатывать параллельно информацию всеми нейронами, существует возможность при большом количестве нейронных сетей обрабатывать значительный объем поступающей измерительной информации, которая поступает в реальный момент времени.

В задачах определения технического состояния и прогнозирования нечеткая нейронная сеть играет роль универсального аппроксиматора функции от нескольких переменных, реализуя нелинейную функцию

$$Y = f(X), \quad (1)$$

где $\{X(t)\} = \{X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)\}$ – векторы входной информации (текущие измеренные значения диагностических параметров), а Y – реализация векторной функции нескольких переменных.

Вывод. Проведенный анализ возможностей нечетких нейронных сетей свидетельствует о том, что эти сети при определенных ограничениях могут использоваться для определения технического состояния судового двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викулов С. В. Основы технической диагностики судовых дизелей по комплексу параметров работающего моторного масла – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. академ. вод. трансп., 2011.– 176 с.
2. Крашенников С. В. Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания. // Электронный журнал «Вестник Новосибирского государственного университета» – 2013 №2(2). – Режим доступа [www/vestnik.nspu.ru](http://www.vestnik.nspu.ru).
3. Вычужанин В. В. Информационное обеспечение мониторинга и диагностирования технического состояния судовых энергоустановок. / Вісник Одеського національного морського університету – 2012 – №35 – С.111124.
4. Хайкин Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
5. Викторова Е. В. Применение нечетких нейронных сетей для технической диагностики дорожных машин / Е. В. Викторова // Вестник ХНАДУ. – 2012. – Вып. 56. – С. 98-102.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Ткач В.А.

Херсонский национальный технический университет (Украина),

Рожков С.А.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Введение. В современных интегрированных системах управления процесс обработки информации выполняется как задача получения необходимых данных, что может выступать как единственная цель процесса обработки. Такое свойство характерно для класса систем, построенных как системы с искусственным интеллектом, в составе которых присутствует схема управления и база знаний [0, 0].

Для эффективного управления такими системами используют разные алгоритмы управления, однако при этом следует учитывать, что большую часть информации оператор (лицо принимающее решение, ЛПР) получает визуально, а информационная нагрузка при этом распределяется неравномерно.

При создании интерфейса обучающего комплекса необходимо отметить, что понятие информативности напрямую связано с понятием полезности поступающей информации. Согласно Шеннона [0, 0], под информативностью изображений понимается снятая неопределенность наших знаний о графическом объекте.

Применение известных систем преобразований обеспечивает получение полезной информации о свойствах изображаемых объектов и позволяет решать задачи распознавания образов, обработки информации и анализа данных связаны с визуальной информацией [0].

Для решения таких задач необходима разработка новых моделей и методов повышения эффективности отображения информации в интеллектуальных системах, таких, как технология анализа информации (изображения), разработка критериев оценивания информативности изображений и расстояния между образами при идентификации изображения.

Постановка проблемы. Разработка систем позволяющих осуществлять оптимальное управление в смысле минимизации времени на принятие решения при получении изображения в управляющих (или обучающих) системах.

Теоретические исследования. Пространства образов, сигналов и информационное пространство являются нормированными метрическими пространствами.

Входные образы принадлежат нормированному метрическому пространству A с нормой $\|a_i\| = P(a_i)$ и метрикой $\alpha(a_j, a_i) = 1 - P(a_j, a_i)$ определяющей расстояние между входным событием и выдвинутой гипотезой, где $P(a_i)$ - вероятность события появления образа [0, 0].

В задаче создания интеллектуального интерфейса важно определить понятие информативности изображения, которое в данной задаче связано с понятием полезности. Под информативностью изображений следует понимать снятую неопределенность наших знаний о графическом объекте, сцене.

В случае, когда при получении алфавита образов V для набора типовых сцен S функционалом цели является время на принятие решения, задача сводится к определению оптимума времени T_{np} , т.е. на поиск условий, при которых время на принятие решения будет минимальным $T_{np} \rightarrow \min$.

При предъявлении изображения возможны его искажения. Предполагая аффинность искажения плоских изображений, близость элементов типовой сцены и

элементов изображения определяет существование обратной матрицы A^{-1} , которая корректирует изображение и обеспечивает устранение возмущений.

В случае, когда возникает ошибка между анализируемым изображением и преобразованным сигналом

$$\bar{\varepsilon} = \bar{x} - A^{-1}\tilde{x},$$

ε – может стать мерой близости изображений.

Если изображение имеет n – фрагментов и каждому n_i соответствует вероятность P_i и штраф C_i , формируется задача определения среднего риска, который должен быть минимальным, при этом последовательность анализа новой, неизвестной сцены базируется на движении к фрагментам с максимальной дисперсией или отклонением $\nabla\sigma^2 \rightarrow 0$ [1], а в известной сцене – к фрагментам с минимальным штрафом $\nabla\bar{C} \rightarrow 0$.

Если источник изображения формирует (генерирует) образы \bar{I}_0 с определенными вероятностями, то приемник изображения выдвигает гипотезы \bar{I}_n из заданного алфавита с соответствующими вероятностями. Степень достоверности гипотезы \bar{I}_n определяется расстоянием между образом, реализованным источником и гипотезой приемника [0, 0].

Для проверки работоспособности метода проведено моделирование системы с использованием градиентной процедуры в задаче компенсации входного изображения [0]. При реализации системы распознавания получаем структуру с явно выраженной обратной связью (рис. 1).

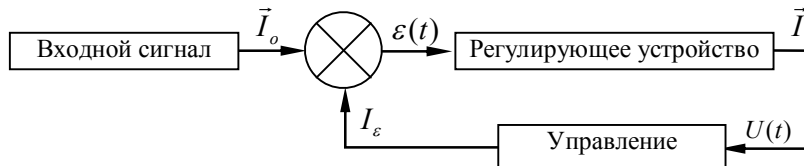


Рисунок 1 – Структура системы компенсации входного изображения

Рассматривая эту модель, как управляемую динамическую систему, можно определить оптимальное управление в смысле минимизации времени переходного процесса.

Выводы. Использование компенсации входного изображения позволяет снизить зависимость результата классификации от возмущений в пространстве объекта. При построении интеллектуального интерфейса решается задача определения оптимальной траектории при анализе изображения за счет обеспечения выпуклости информационного поля изображения.

ЛИТЕРАТУРА

Справочник по теории автоматического управления /А. А.Красовский; под. ред. А.А. Красовского. –М. : Наука, Гл.ред.физ.-математ. лит., 1987. – 712 с.

Бодянский Е. В. Интеллектуальное управление технологическими процессами: Монография / Е. В. Бодянский, Е.И. Кучеренко, А.И. Михалёв, В.А. Филатов и др. Под ред. А.И. Михалёва – Днепропетровск : Национальная металлургическая академия Украины, 2013. – 213 с.

Грузман И. С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых, Г.И. Перетягин и др. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

Бражник Д.А. Информационная модель инвариантной системы распознавания / Д.А. Бражник, Ф.Б. Рогальский, В.А. Ткач // Проблемы информационных технологий. – 2009. – №1 (005). – С.31-37.

ПРИМЕНЕНИЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РАСЧЕТА МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ

Шишкин А.В., Шишкин С.А.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Интенсивное внедрение в морскую практику современных информационных и коммуникационных создает новые возможности для сбора, обработки и представления информации в целях совершенствования навигационных средств судовождения. В то же время ключевым элементом в системе управления судном является человек – вахтенный помощник капитана. Статистика морских инцидентов свидетельствует о преобладающем количестве аварий, вызванных ошибками оператора по сравнению с другими факторами.

В настоящее время проводятся интенсивные научные исследования в направлении изыскания возможностей снижения влияния ошибок оператора на безопасность судоходства. Одним из приоритетных подходов в данном направлении является трансформация навигационных информационных систем в навигационные системы поддержки принятия решений (СППР). В отличие от традиционных навигационных систем СППР дополнительно выполняют функции анализа и оценки текущей обстановки и предложения судоводителю решений в случае сложных ситуаций. Развитию СППР посвящены многочисленные работы, например, [1] – [3].

Одной из приоритетных задач развития СППР является разработка алгоритмов, дающих судоводителю надежное решение о маневре для расхождения судов. При этом такое решение должно быть полностью согласовано с МППСС и вырабатываться на основе объективных навигационных наказаний. В свете внедрения новых навигационных средств (АИС, ЭКНИС) и реализации стратегического направления е-навигации открываются большие возможности для использования интеллектуальных алгоритмов в реальном времени в судоводительской практике.

Известны и интенсивно развиваются так называемые природные алгоритмы, которые заимствуют математическую модель системы принятия решений из живой природы. Одним из таких алгоритмов является муравьиный алгоритм (МА) [4]. Применению МА для решения навигационных задач посвящена статья [5].

Целью работы является анализ характеристик и возможностей СППР на примере системы NAVDEC [3] и моделирование одной из задач безопасного расхождения судов с помощью МА.

Результаты анализа и исследований. Система NAVDEC (Navigational decision support system) начала разрабатываться в морском университете Щецина, Польша, начиная с 2007 года [3]. Основные базовые функции системы таковы:

- автоматический сбор, обработка и представление навигационной информации;
- отображение навигационной информации в удобной для судоводителя форме;
- анализ навигационной ситуации на основе Международных правил предупреждения столкновения судов;
- сигнализация об опасной ситуации;
- решение задачи предотвращения столкновения посредством: автоматического определения маневра и траектории в соответствии с МППСС, пояснения предлагаемого маневра; – интерактивного взаимодействия с оператором.

В дальнейшем были реализованы и уточнены новые функции системы:

- рекомендация нового курса или новой скорости, а также сектора безопасного курса;
- представление статуса своего судна в соответствии с МППСС, включая стандартные данные от САРП и АИС;

- решение, рассчитанное для более, чем одного судна;
- рассчитанная траектория маневра для введенных пользователем данных;
- построение траекторий для безопасного решения навигационной задачи при различных оптимизационных критериях.

Система NAVDEC взаимодействует с навигационными судовыми средствами и оператором – судоводителем. Система получает данные от стандартных судовых приборов: лаг, гирокомпас, система автоматической радиолокационной прокладки (САРП), глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), автоматическая идентификационная система (АИС), электронная навигационная картография (ЭНК).

Также как электронная картографическая навигационная и информационная система (ЭКНИС), NAVDEC выполняет информационные функции – на экране она отображает данные от электронных карт, радиолокационную обстановку, АИС данные движения по окружающим судам (координаты, курс, скорость). Кроме этого система NAVDEC анализирует текущую динамическую навигационную ситуацию и предлагает решение в виде нового курса, скорости, сектор безопасного направления движения с учетом правил МППСС. Новой функцией является анализ и оценка навигационной обстановки, сделанные по отношению ко всем другим или выбранным целям в пределах восьми морских миль. Система NAVDEC идентифицирует текущую ситуацию и предлагает соответствующее правило МППСС. Такая функция имеет существенную помощь особенно в случае стесненных условий плавания и напряженного трафика, хотя известны случаи столкновения судов в открытом море (m/v Gotland Carolina, m/v Conti Harmony в 2009 году) [2].

В системе имеется возможность проверки предлагаемого судоводителем маневра. Однако подробных описаний алгоритмов для выработки предложений судоводителю не приводится.

Для расчета оптимального маневра при расхождении судов в настоящей работе применен один из природных алгоритмов – муравьиный алгоритм. Муравьиные алгоритмы (Ant Colony Algorithms) развиваются с начала 90-х годов и продемонстрировали свою успешность во многих приложениях. МА базируется на моделировании поведения муравьев в колонии. Каждый муравей, не являясь высокоорганизованным существом, действует по примитивным правилам, однако функционирование всей колонии в целом является очень разумным.

МА основывается на важной биологической особенности муравьев – оставлять за собой следы в виде особого вещества, называемого феромоном. Феромоны могут восприниматься другими муравьями в течение нескольких суток, постепенно испаряясь. Феромоны привлекают муравьев и они двигаются предпочтительно в направлении большей концентрации феромонов. В результате чем больше концентрация феромона на пути, тем больше муравьев будет двигаться по этому пути. Муравьи перемещаются в поисках пищи от своего гнезда к источнику пищи и обратно. В результате использования механизма феромоновых следов все муравьи колонии, начинают перемещаться по кратчайшему пути, не имея при этом никаких других средств ориентации.

МА описывается помощью графа, содержащего узлы, соединенные дугами. Поведение муравья на графе применительно к классической задаче коммивояжера [4] описывается с использованием следующих параметров: видимость, список запрещенных узлов и концентрация феромона.

Муравей перемещается из i – го узла в j – й узел с вероятностью

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{j \in J} \tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}, \quad (1)$$

где τ_{ij} – интенсивность феромона на дуге (i, j) на текущей итерации, $\eta_{ij} = 1/D_{ij}$ – видимость узла j из узла i , величина обратно пропорциональная длине дуги (i, j) , α, β –

регулируемые параметры, которые задают значимость (или веса) следа феромона и длины дуги при выборе следующего узла, J – множество узлов, которые еще не были пройдены.

В формуле (1) знаменатель выполняет просто функцию нормировки таким образом, что сумма всех вероятностей перехода в следующий не запрещенный узел равна единице.

Переход в каждый последующий узел производится вероятностно на основании рассчитанных на текущем шаге вероятностей P_{ij} . В классической задаче обхода всех узлов графа минимизируется длина всего пути при условии посещения каждого узла только один раз.

После прохождения всего маршрута муравей откладывает на каждом ребре феромон в количестве обратно пропорциональном длине всего маршрута.

$$\Delta\tau_{ij} = Q/L_k, \quad (2)$$

где Q – регулируемый параметр одного порядка с длиной оптимального маршрута.

Правило обновления феромона выражается следующей формулой:

$$\tau_{ij}(k+1) = (1-p) \cdot \tau_{ij}(k) + \Delta\tau_{ij}, \quad p \in [0,1]. \quad (3)$$

В настоящей работе рассматривается задача выполнения маневра судна А, уступающего дорогу другому судну В в ситуации пересечения курсов (рис. 1). Действия судов отвечают правилам 15, 16, 17 МППСС. Судно А следует курсом 0° и для безопасного расхождения с судном В должно уступить дорогу судну В. Первоначально судно А продолжает движение на расстояние d_1 , затем делает поворот вправо на φ_1 градусов, следует измененным курсом на расстояние d_2 и делает второй поворот влево на φ_2 градусов от своего основного курса. После прохождения расстояния d_3 до пересечения с основным курсом возвращается на свой курс.

В результате решения задачи должны быть рассчитаны параметры маневра $d_1, d_2, \varphi_1, \varphi_2$, которые минимизируют суммарный путь маневра $d_1 + d_2 + d_3$ при условии поддержания безопасного расстояния сближения в течение всего маневра. Полагаем, что скорость судна А остается неизменной, а судно В сохраняет курс и скорость как того требует правило 17 МППСС.

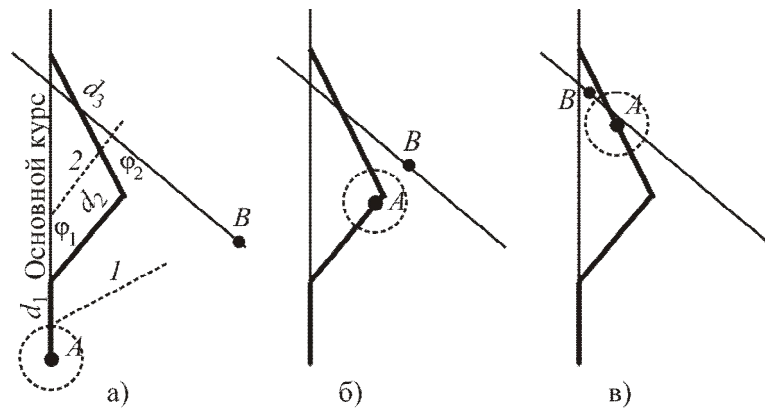


Рисунок 1 – Динамика маневра

Для моделирования ситуации используется направленный граф, показанный на рис. 2. На первом и третьем этапах состояния узлов принимают значения углов φ_1 и φ_2 соответственно. Шаг приращения определяется требуемой точностью расчета и может быть принят равным 5° . На втором и четвертом этапах состояния узлов – расстояния d_1 и d_2 в милях с приращениями, выбираемыми из тех же соображений точности. Длины дуг, входящих в узлы первого и третьего этапов приняты единичными, а длины дуг для второго и четвертого этапов первоначально совпадают с расстояниями d_1 и d_2 соответственно. Если какое-либо из состояний второго и четвертого этапов приводит к

столкновению, нарушению правил МППСС или попаданию судна В в безопасную зону, то длина соответствующей дуги принимается равной бесконечности. В результате моделирования алгоритма после нескольких десятков итераций вырисовывается наиболее часто проходимый маршрут на графе. При ограничении числа итераций самый короткий маршрут может быть принят за искомое решение.

При условии сохранения скоростей обоих судов их координаты без труда могут по значениям оптимальных параметров расхождения $\varphi_1, \varphi_2, d_1, d_2$. Динамика маневра по оптимальному маршруту, выделенному жирной линией, представлена на рис. 1. Безопасная зона очерчена пунктирной окружностью. Пунктирными линиями показана траектория (2), ведущая к столкновению, и безопасная, но не оптимальная начальная траектория (1).

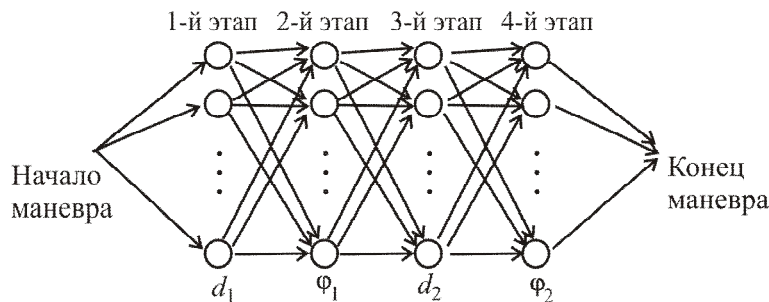


Рисунок 2 – Направленный граф моделирования маневра

Выводы. Современное морское судно на сегодняшний день насыщено современными навигационными и инфокоммуникационными средствами в достаточной степени. Повышение безопасности судоходства требует прежде всего реализации дружественных интерфейсов для представления судоводителю решений навигационных задач маневрирования в реальном времени. Одним из направлений расчета оптимальных параметров маневрирования может быть применение МА. Важным этапом для достижения результата является правильный выбор пространства состояний модели и построение адекватного графа. Решение оптимизационных задач навигации в СППР с использованием МА позволит снизить влияние человеческого фактора на статистику аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

5. Бень А. П. Формализация правил МППСС-72 в системе поддержки принятия решений судоводителя // Штучний інтелект, Т 3, 2011, с. 327 – 331.
1. Wolejsza P. Functionality of Navigation Decision Supporting System - NAVDEC // Weintrit A. (ed.): Navigational Problems. Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. A Balkema Book, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London - New York – Leiden, 2013, ISBN: 978-1-138-00107-7. pp. 43 – 46.
2. Pietrzykowski Z., Porkowski P., Wolejsza P. NAVDEC – navigational decision support system on sea-going vessel // Scientific Journals, Maritime University of Szczecin, 2012, N 30(102), pp 102 – 108.
3. Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы // Exponenta Pro, N 4(4), 2003, с. 70 – 75. Электронный доступ: <http://shtovba.vk.vntu.edu.ua/pub>
4. Lazarowska A. Application of Ant Colony Optimization in Ship's Navigational Decision Support System // Weintrit A. (ed.): Navigational Problems. Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. A Balkema Book, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London - New York – Leiden, 2013, ISBN: 978-1-138-00107-7. pp. 53 – 62.

***СЕКЦІЯ
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ***

COMBINING ESTIMATES OF SHORT-TERM FORECASTS

Bidyuk P.I., Karayuz I.V.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»
Institute for Applied System Analysis
(Ukraine)

A methodology is proposed for model selection while analyzing processes in economy and finances. A combining technique is considered to reach necessary quality of forecasts.

Modern automatic control and business management systems, weather forecast systems, personal activities and many others directions of human activities require quality forecasts. One of promising possibilities for solving the problem is modern decision support system (DSS) that provide a possibility for quality data processing, model constructing and forecast estimation. The functional elements of DSS are directed towards solution of this problem via combining of forecast estimates generated by selected alternative techniques. The idea of combining forecasts is illustrated in Fig. 1. It is recommendable to use ideologically different techniques that provide forecast estimates with alternative computational procedures.

The forecasting methods used in the system proposed are as follows: regression analysis (linear and nonlinear models); the group method for data handling (GMDH) which provides the models in the form of Kolmogorov-Gabor polynomials; fuzzy GMDH; fuzzy logic; appropriate versions of adaptive Kalman filter; neural networks; nearest neighbor and probabilistic type techniques (Bayesian networks, Bayesian regression). The set of techniques used covers linear and nonlinear nonstationary process. The nearest neighbor technique can be hired for generating long term forecasts in the case of availability long data samples (better with repeating patterns). Practically all the techniques are implemented in adaptive versions what makes the system more flexible and ready for newly coming data, and to fight some types of uncertainties. On the stage of model structure estimation an appropriate principal component analysis technique is applied when necessary.

The information of a model structure provides a possibility for selection of parameter estimation techniques for candidate models among which are the following: ordinary LS and nonlinear LS (NLS), recursive LS (RLS), maximum likelihood (ML), and suitable for parameter estimation versions of Markov Chain Monte Carlo (MCMC) techniques. Some special optimization techniques are applied in a case of estimating fuzzy GMDH structures.

The candidate models estimated are tested with a set of statistical quality criteria some of which are as follows: determination coefficient, Durbin-Watson statistic, F -statistic, t -statistic and combined criterion (based on the statistics mentioned) etc. One or more acceptable models (candidate models) are used for computing forecasts that are also tested for quality with another set of statistical criteria. Usually three or more forecasting techniques are used for the same dataset to get a possibility for combining the forecasts so that to further improve the final combined estimate. It is known that combination of forecasts results in improvement of combined forecast in the case when variances of errors for separate forecasts do not differ substantially [2].

In the system proposed the forecasts generated by models can be computed (at least) with six selected techniques as shown in Fig. 1. Regression model (autoregression (AR) or AR with moving average (ARMA)) is used for generating forecasts as well as it is transformed into state space (SS) form for further use by the Kalman filter (KF). Adaptive version of KF provides a possibility for forecasting and on-line/off-line estimation of state disturbances and measurement noise covariances. The group method of data handling method is well-known technique that generates models in the general form of Kolmogorov-Gabor polynomial, and the last three methods are related to the intellectual data analysis techniques. The best results of combining the forecasts are achieved when variances of forecasting errors for different forecasting techniques do not differ substantially.

To reach high quality of forecasting model the initial statistical (or experimental) data is processed to perform normalization, imputation of missing observations, processing of outliers, digital filtering and smoothing (when necessary). In the process of model structure and parameters estimation possible uncertainties are taken into consideration, among which are the following: uncertainty of model order; time delay; type of nonlinearity; type of stochastic external disturbances which is represented by respective distribution of probabilities and its parameters; short samples (GMDH is a tool for successful processing of such data), inconsistency of model parameters estimates; nonstationary errors of forecasting.

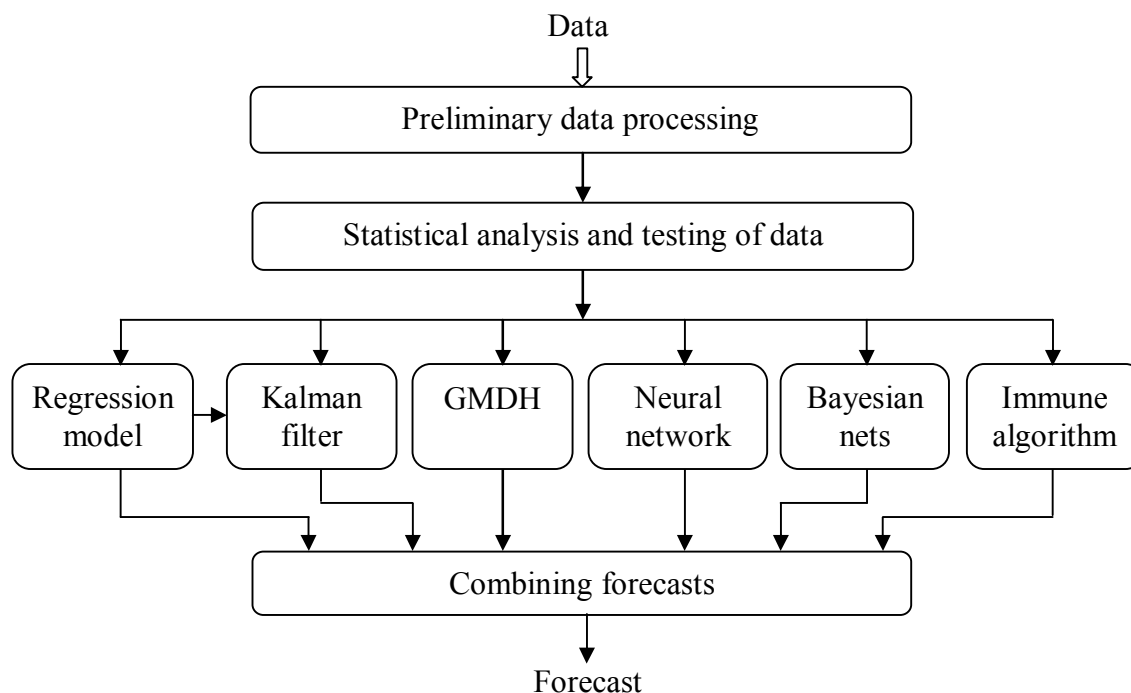


Figure 1 – Illustration of the principle for combining forecasts

The uncertainties mentioned are identified, estimated and taken into consideration in the model construction process thanks to hiring alternative model structure estimation procedures, optimal adaptive Kalman filter (estimation of covariances for stochastic external disturbances and measurement errors), special algorithms for estimation of delay time [3]. A substantial reduction of influence of probabilistic type uncertainties is reached with application of modern Bayesian techniques such as static and dynamic Bayesian networks the purpose of which is in generating alternative probabilistic forecasts. The DSS considered is constructed with hiring system analysis principle that are directed towards enhancing system possibilities and improvement of final results.

REFERENCES

1. Бідюк П. І., Гожий О. П., Коршевніук Л. О. Проектування систем підтримки прийняття рішень. – Миколаїв : Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2011. – 380 с.
2. Tsay R. S. Analysis of financial time series. – New York : John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 715p.
3. Gibbs B. P. Advanced Kalman filtering, least squares and modeling. – Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 627 p.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА ТИПА «ВОДНОЕ ТАКСИ»

Бондаренко А.В.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Актуальность. В условиях плохих дорог и пробок становится актуальной задача обеспечения эффективного функционирования городского и пригородного транспорта. Для городов, расположенных на берегу реки, одним из возможных вариантов решения данной задачи является организация пассажирских перевозок судами типа «водное такси». Однако для того, чтобы «водное такси» успешно могло конкурировать с другими видами транспорта, необходимо разработать методику выбора оптимальных характеристик судна, учитывающую все факторы и риски его эксплуатации.

Выполненный анализ научной литературы, посвященной вопросам проектирования судов типа «водное такси», показал практически полное отсутствие публикаций по данной тематике. Большинство имеющихся статей [1, 2] в основном посвящены описанию проектов и исследованию экономических аспектов их эксплуатации. Рекомендации по определению оптимальных главных размерений «водного такси» в указанных работах отсутствуют. Поэтому рассмотренная в данной работе тема является достаточно актуальной.

Цель статьи – разработка методики определения оптимальных проектных характеристик «водного такси».

Изложение основного материала. Для выбора оптимального типа судна для перевозок в черте города и его пригородах классифицируем пассажиров по следующим категориям:

- туристы, которых интересуют экскурсии по городу и его достопримечательностям;
- дачники, совершающие поездки в загородную зону на свои дачи;
- деловые пассажиры, перемещающиеся в черте города для решения повседневных вопросов.

Для каждой из этих категорий расставим по приоритету интересующие их качества: стоимость, время пути, возможность провоза багажа, комфортность и т.д.

Для туристов на первом месте важна комфортность, поскольку экскурсия может длиться несколько часов.

Дачников в первую очередь интересует стоимость проезда и возможность перевозки багажа со значительным весом.

Деловых пассажиров следует разделить на две подкатегории: тех, для которых важна стоимость проезда и тех, которых интересует время поездки.

При организации водных перевозок в городе Николаеве и его пригородах следует учитывать и так называемую «катеорию льготников», поскольку они будут определять экономическую эффективность этих судов.

Для организации перевозок деловых пассажиров, можно использовать два вида транспорта: скоростные суда небольшой вместимости «водное такси» («water taxi») и тихоходные суда большой вместимости, работающих по расписанию – речной трамвай («river train»). «Водное такси» также можно использовать для экскурсионных перевозок к достопримечательностям города.

Дачников целесообразно перевозить судами типа «речной трамвай», но выполняющих перевозки в определенное время и в определенные дни в зависимости от времени года. Например, в весенне-осенний период, в утреннее и вечернее время по

будням совершать только по одной, две поездки туда и обратно, а в выходные дни – через каждый час. В зимнее время – только по одной поездке в выходные дни. Формирование расписания движения следует проводить путем тщательного изучения пассажиропотока. И, наконец, экскурсионные поездки можно совершать на комфортабельных судах или даже «автобусах-амфибиях». В дальнейшем, следует рассмотреть и вопрос организации перевозок в близлежащие города и поселки Николаевской области.

Вопрос только, смогут ли они конкурировать с наземным автомобильным и железнодорожным транспортом. Преимущество у судна, скорее всего, будет при значительном сокращении времени в пути и приемлемой цене билета, соизмеримой или незначительно превышающей стоимость проезда в автобусе.

Предварительно проведенный анализ характеристик построенных судов типа «водное такси» показал, что в основном это однокорпусные суда или катамараны. В данной работе разработана методика выбора оптимальных параметров «водного такси» катамаранного типа.

Ввиду большого количества главных размерений, оптимальные значения которых необходимо определить, целесообразно применить оптимизационный подход. С математической точки зрения оптимизационную задачу можно записать следующим образом:

$$F(X, C) \rightarrow \min(\max), \quad X \in D \subset R^n;$$
$$D = \{X \in R^n \mid g_j(X, C) \geq 0, \quad j \in [1, p], g_l(X, C) = 0, \quad l \in [p+1, k]\},$$

где $F(X, C)$ – критерий оптимизации; $C(C_1, \dots, C_m)$ – вектор параметров, формирующих задание на проектирование; m – количество параметров вектора C ; $X(x_1, \dots, x_n)$ – вектор независимых переменных, n – количество независимых переменных; k – общее количество ограничений задачи; p – количество ограничений задачи в виде неравенств, D – допустимая область поиска.

Вектор независимых переменных включает следующие характеристики «водного такси»: относительная длина судна, отношения ширины судна к осадке, отношение горизонтального клиренса к длине, удельная площадь для размещения одного пассажира, количество пассажиров и скорость судна.

Допустимая область поиска D сформирована на основе системы прямых и функциональных ограничений в виде неравенств $g(X, C)$. Прямые ограничения накладываются непосредственно на компоненты вектора независимых переменных и компоненты входных параметров:

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Функциональные ограничения включают требования к техническим качествам «водного такси»:

$$A_j(X) \leq a_j,$$

где $A_j(X)$ и a_j – расчетные и требуемые значения качества судна, соответственно.

Общая постановка задачи оптимального проектирования «водного такси» характеризуется такими факторами сложности как большая размерность пространства независимых переменных, наличие ограничений, необходимость учета случайных и неопределенных воздействий внешней среды, значительные затраты машинного времени на вычисление одного значения целевой функции.

Решение такой задачи целесообразно провести с использованием генетического алгоритма (genetic algorithms). Генетическими алгоритмами называется группа адаптивных методов, которые могут использоваться для решения задач поиска и оптимизации. Генетические алгоритмы представляют собой алгоритмы поиска, построенные на принципах, сходных с принципами естественного отбора и генетики [3, 4]. Выбор такого метода оптимизации объясняется возможностью работы со многими переменными, одновременным проведением поиска из нескольких точек пространства, высокой скоростью нахождения оптимального решения.

Для определения проектных характеристик «водного такси» была разработана математическая модель судна, включающая в себя следующие блоки: расчет геометрических характеристик корпуса, определение нагрузки масс, мощности главного двигателя, параметров посадки и остойчивости, стоимости постройки и эксплуатационных расходов. В основу модели положены научные наработки [5, 6], доработанные автором применительно к судам типа «водное такси».

Эксплуатационные расходы и показатели эффективности определяются в процессе моделирования типовых операций «водного такси» с помощью разработанной автором модели функционирования. При этом функционирование «водного такси» представляется в виде последовательного описания процесса эксплуатации судна между пунктом отправления и пунктами назначения с учетом гидро- и метеоусловий. В результате такого моделирования фиксируются определенные события и состояния, по которым вычисляются показатели эффективности: доход, прибыль, стоимость жизненного цикла судна и т.д. Один из этих показателей используется в качестве критерия оптимизации для определения оптимальных характеристик «водного такси».

Модель функционирования «водного такси» состоит из трех блоков: «Meteo», «Voyage», «Statistic». Перед началом рейса выполняется проверка на возможность его выполнения. При возникновении события «шторм» рейс судна отменяется на время продолжительности шторма, значение которого генерируется в блоке «Meteo». В других случаях моделируется переход судна между пунктом отправления и пунктом назначения. В процессе выполнения перехода рассчитывается коэффициент загрузки судна, среднерейсовая скорость с учетом высоты волн и скорости ветра, MSI и другие эксплуатационные показатели. По приходу в пункт назначения рассчитывается время посадки/высадки пассажиров и проверяются погодные условия. При благоприятной погоде моделируется переход судна в обратном направлении. При неблагоприятных погодных условиях судно отстает в ожидании улучшения погоды. Процесс повторяется до завершения времени имитации. Затем управление передается блоку «Statistic», в котором выполняется статистическая обработка результатов моделирования и рассчитывается один из показателей экономической эффективности.

Методика решения задачи была отработана на примере проектирования «водного такси» для города Николаева.

Выводы. Таким образом, разработанная методика является полезным инструментом в руках проектировщика, позволяющим на начальных стадиях определить оптимальные характеристики судна типа «водное такси» катамаранного типа. В основу данной методики заложен метод имитационного моделирования, позволяющий на ЭВМ смоделировать условия эксплуатации судна и оценить его экономическую эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sulek J. Water-bus in the public transport [Text] / J. Sulek, L. Filina-Dawidowicz // *Zeszyty Naukowe Akademia Morska w Szczecinie*, 2014. – 37(109). – P. 82–88.
2. Францев М. Э. Скоростной катамаран – перспективное судно для пассажирских перевозок в Москве [Текст] / М. Э. Францев // *Речной транспорт*. – 2005. – №6. – С. 56–59.
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
4. Бойко А. П. Применение генетического алгоритма для выбора оптимальных характеристик пассажирских судов с малой площадью ватерлинии [Текст] / А. П. Бойко, А. В. Бондаренко // *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали I міжнародної науково-технічної конференції*. – м. Миколаїв, 15–17 вересня 2010 р. – Миколаїв: НУК, 2010. – С. 99–102.
5. Zips J. M. Numerical Resistance Prediction based on the Results of the VWS Hard Chine Catamaran Hull Series '89' [Text] / J. M. Zips // *Proceedings of the Third International Conference on Fast Sea Transportation (Fast '95)*, September 25–27: Lubeck – Travemunde, Germany, 1995. – P. 67–74.
6. Molland A. F. Preliminary estimates of the dimensions, powering and seakeeping characteristics of fast ferries [Text] / A. F. Molland, T. Karayannis, D.J. Taunton, Y. Sarac-Williams // *International marine design: International marine design conference, IMDC 2003*. – P. 47–60.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МИО НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32L-DISCOVERY

Врублевский Р.Е.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. В литературе практически отсутствует информация по управлению магнитно-импульсной обработкой (МИО) металлических изделий. Сложность управления процессом заключается в том, что при магнитном упрочнении одновременно может изменяться до 20 параметров [1]. Причем, как правило, процесс протекает в четырех измерениях [3]. Указанные сложности затрудняют исследования по развитию методики управления МИО и требуют разработки специализированных систем управления МИО.

Цель статьи. Реализация модуля управления МИО металлических изделий с использованием микроконтроллера STM32L-DISCOVERY. Организация связи компьютера с блоком и блока с устройством МИО.

Основная часть. С целью практической реализации системы управления МИО был проведен анализ возможных технических решений системы управления. На основе этого анализа в лаборатории ресурсосберегающих технологий при Херсонской государственной морской академии было разработано устройство, управляющее с помощью микроконтроллера установкой МИО.

В основе устройства лежит микроконтроллер STM32L-DISCOVERY, к нему были подключены необходимые элементы для обеспечения обработки полученных с компьютера сигналов о параметрах режимов МИО и перевода их в управляющие сигналы на блок управления соленоидом.

Выбор микроконтроллера STM32L-DISCOVERY обосновано тем, что в последнее время микроконтроллеры от ST Microelectronics на основе ядра Cortex начали активно набирать популярность как среди профессиональных, так и среди начинающих разработчиков устройств на микроконтроллерах.

Модуль управления соленоидом специально спроектирован так что на входе у него потенциалы низкие а на выходе высокие. Разработанный модуль управления соленоидом на базе микропроцессора, позволит быстро и качественно задавать режимы на установку МИО, что обеспечит ее эффективное управление с компьютера.

Управление модулем на базе микроконтроллера с компьютера требует использования специализированной среды программирования Delphi. А управление микроконтроллером режимами МИО, требует программирование его в среде IAR.

Программа для связи компьютера с микропроцессором написана в среде разработки Delphi. С помощью этой среды можно достаточно быстро и эффективно создавать программы любой сложности и любого назначения. В течение последнего времени среда разработки программного обеспечения Borland Delphi была одним из наиболее ожидаемых программных продуктов.

В результате трансляции программы мы имеем исполняемый файл с расширением EXE (Pulse.exe). Запустив файл, мы увидим разработанное нами окно загрузки параметров режимов МИО. Теперь созданный файл работает самостоятельно без открытия в среде Delphi. Программа готова к вводу спрогнозированных параметров режимов МИО.

Для того чтобы спрогнозированные параметры режимов МИО заданные с компьютера были переведены в соответствующие сигналы на управляющие элементы блока управления соленоидом нужно запрограммировать микроконтроллер на решение этой задачи.

Программирование данного микроконтроллера для решения поставленной задачи осуществлялось с помощью интегральной среды программирования IAR. Компилятор IAR Embedded Workbench представляют собой среду разработки верхнего уровня. Это

мощный, но вместе с тем простой и очень удобный инструмент программирования для встраиваемых микропроцессорных устройств и систем.

Выводы. Реализация блока управления на базе микроконтроллера STM32L-DISCOVERY, позволяет эффективно управлять процессом МИО. Разработанное программное обеспечение, позволяет оператору без труда вносить величины параметров МИО, а блок управления переводить их в управляющие сигналы на соленоид установки МИО. Использование разработанного блока управления сократит время на наладку установки и повысит ее эффективность 1,5-2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дистлер Г. И., Каневский В. Н. О влиянии слабого импульсного магнитного поля на реальную структуру твердых тел. – М.: АН СССР, 1983. – Т.268. – № 3. – С. 591–593.
2. Магнитные материалы и элементы : справочник. – М. : Высшая школа, 1976. – 335 с.
3. Постников С. Н. и др. Некоторые физические аспекты магнитной обработки инструмента // Труды Горьковского политехн. ин-та. – 1976. – № 4. – С. 27–35.
4. Хавьер Пашеку. Программирование в Borland Delphi 2006 для профессионалов. Вильямс. – 2006. – 944 с.
5. Прокопенко В. С. Программирование микроконтроллеров ATMEL на языке C + CD. – 2012. – 320 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕРНОВОГО НАСИПУ ЗА ВОЛОГОВМІСТНИМИ ПОКАЗНИКАМ

Гавриленко В.О., Рожков С.О.

Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Обсяги морських перевезень зерна в Україні зростають щорічно, при цьому 91,2% обсягу перевезень було поставлено морським транспортом, 7,1% – залізничним транспортом і 1,7% - автомобільним транспортом [1]. Морський транспорт в питаннях поставок зерна в Україні дозволяє відвантажити близько 51 млн. т зерна на рік, але з цього потенціалу реалізовано поки близько 60%.

До зернових вантажів належать різні культури сільського господарства: злаки – пшениця, жито, ячмінь, просо, овес, гречка, кукурудза (в зерні), рис; бобові – горох, квасоля, соя, арахіс; олійні – насіння соняшнику, льону, конопель, бавовни; продукти їх переробки – борошно і крупа всіх видів і сортів, кукурудза в качанах, висівки, макуха, шрот та ін. Усі судна, які здійснюють перевезення зерна навалом, повинні мати на борту судна відповідну документацію, розроблену з урахуванням вимог гл.6 Конвенції СОЛАС - 74 («Міжнародний зерновий кодекс») і Правил Регістру.

При транспортуванні сипучих вантажів на судах виникає ряд проблем, які пов'язані із забезпеченням безпеки плавання та необхідністю забезпечення якості вантажу. [1 - 4]. Тому для ефективного транспортування, зберігання і переробки зернової продукції слід використовувати сучасні системи автоматизованого зберігання продукції [1, 2]. Вологість – основний показник якості зернового вантажу, це кількість гігроскопічної вологи у відсотках, що міститься в зерні з домішками. Зерно під дією вологи (вогкості) збільшується в об'ємі (розбухає), зігрівається в масі штабеля і втрачає свої якості. Зерно може також випаровувати вологу (всихати) і зменшуватися в масі.

Завантажений на судно в якихось певних кліматичних умовах, вантаж захищений від впливу зовнішнього середовища на всьому переході морем обшивкою корпусу і повітряним середовищем. Температура вантажу, особливо його внутрішніх шарів, не встигає зрівнятися з температурою зовнішнього середовища за час переходу. Надходження тепла через трюмні огорожі становить 5-10% тієї кількості, яка потрібна для вирівнювання вищевказаних температур. При перевезенні навалочних вантажів прогрівання відбувається тільки на глибину до 1 м, а інша частина штабеля, особливо його центральна частина, зберігає свою первісну температуру порту навантаження [1].

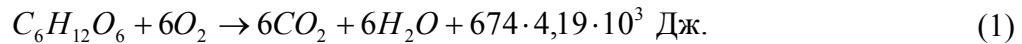
Враховуючи, що зернова насип є складним органічним об'єктом, то для своєчасного визначення псування зерна необхідно використовувати сучасні алгоритми та схемотехнічні рішення для проектування та реалізації системи управління зберігання зернопродуктів.

В області розробки таких систем управління відомі роботи таких вчених, як: Сергунова В. С., Казакова Е. Д., Кретовича В. Л., Валькова В. М., Просяника А. В., Соснина К. В., Клабукова В. Ф., Мельниченко П. И., Лебедева В. Б. та ін. [5].

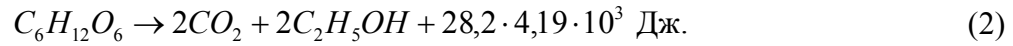
У зв'язку з цим актуальним науково-технічним завданням є розробка сучасних методів та нових технічних засобів для забезпечення керування системами автоматичного контролю вологості зернової продукції при транспортуванні та зберіганні.

Постановка задачі. Основними показниками ефективного управління зберігання зерна є вміст кисню в повітрі міжзернового простору, вологість і температура зернового насипу. При зберіганні зерна відбуваються фізіологічні процеси: дихання, післязбиральне дозрівання зерна, проростання та ін. В результаті дихання зернової маси відбувається процес перетворення і розпаду органічних речовин, і, насамперед вуглеводів, при цьому виділяється енергія, яка необхідна різним організмам для життєдіяльності.

Розрізняють аеробне і анаеробне дихання зернової маси. Аеробне дихання відбувається при вільному доступі кисню і здійснюється у відповідності з наступним рівнянням:



Анаеробне дихання відбувається при повній відсутності кисню і може бути описано виразом (2):



В обох випадках (1) і (2), при диханні виділяється енергія, що призводить до зміни температури зернової маси і виділенню діоксид вуглецю і води. Відзначено, що при вологості зерна 10...11% інтенсивність його дихання настільки незначна, що достатньо того кисню, який міститься в міжзерновому просторі, оболонках і складах самих зернівок. При вологості 14,8% і температурі 3°C кисню повітря вистачає на 300 діб, а при температурі 13 °C - всього 133 діб [1, 5]. При підвищенні вологості процес дихання посилюється і збільшується споживання кисню.

У процесі вивчення зберігання зернового насипу пшениці був виявлений характер зміни вологості (рис. 1), температури і вмісту вуглекислого газу.

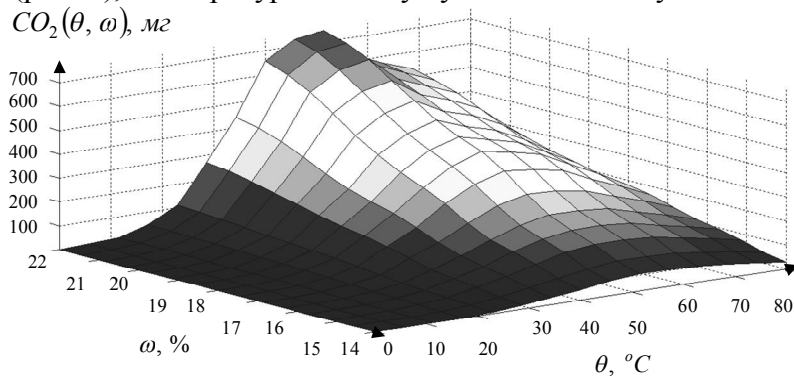


Рисунок 1 – Зміна вологості, вмісту кисню і температури зерна

Як видно з рис. 1, при підвищенні вологості зерна інтенсивність дихання зерна зростає. У зв'язку складності виявлення вологості зернового продукту на судні, слід контролювати стан зернового масиву за допомогою температурного поля і виділення вуглекислого газу зернового продукту. Отже, при зміні параметрів температури і інтенсивності дихання зерна можна судити про втрати при його транспортуванні.

Таким чином, метою роботи є розробка математичної моделі зернового насипу як об'єкту керування за температурними показниками та показниками інтенсивності дихання для виявлення вологості та втрат продукту при транспортуванні.

Рішення задачі. Для підвищення ефективності системи контролю процесу зернозберігання доцільно враховувати тип культури, коефіцієнти теплопровідності, питому теплоємність, вологість, щільність зерна, а також умови розвитку старіння і зараження зерна. При цьому контроль системи зберігання зернопродукту повинен здійснюватися з урахуванням динаміки температурного поля в кожній точці зернового масиву, в залежності від обсягу, вологості, виділення діоксиду вуглецю і зовнішнього середовища, що дасть можливість оцінити рівень втрат сировини. Для проведення моделювання даної системи необхідно використовувати методи оптимального управління, які засновані на нечітких законах управління.

Для побудови імітаційних моделей зернового насипу були застосовані алгоритми нечіткої множини Сугено та Мамдані [6].

Вхідні лінгвістичні змінні залежності зміни величини підвищення температури в зернового насипу на відстані від джерела теплоти відображені на рис. 3 та рис. 4.

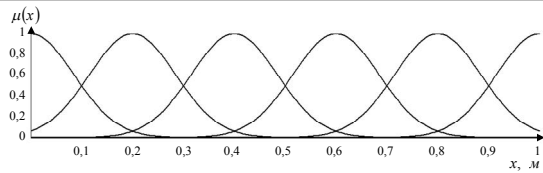


Рисунок 2 – Функція належності через відстань від центру пласта зернового насипу

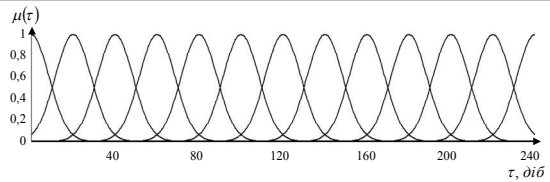


Рисунок 3 – Функція належності через час поширення температури

Структурна схема отриманого об'єкта представлена на рис. 4, а вихідна поверхня $\theta(x, \tau)$ на рис. 5.

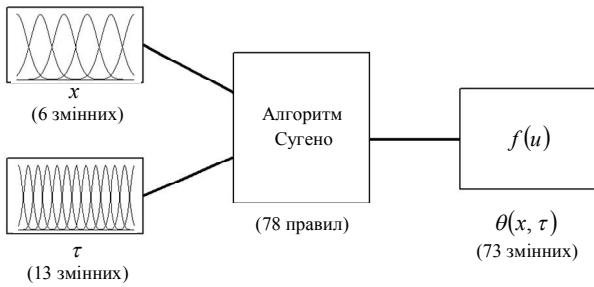


Рисунок 4 – Структурна схема бази знань алгоритму Сугено

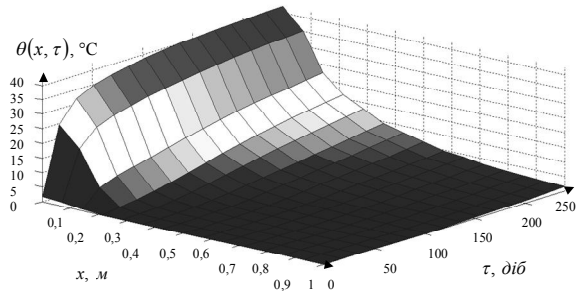


Рисунок 5 – Поверхня $\theta(x, \tau)$

Вхідні лінгвістичні змінні залежності зміни величини вологості в зернового насипу відображені на рис. 6 та рис. 7.

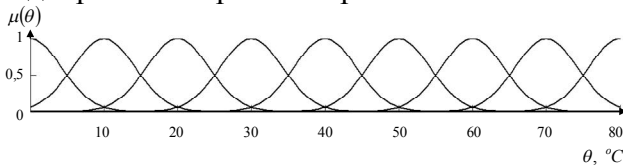


Рисунок 6 – Функція належності через температуру зерна

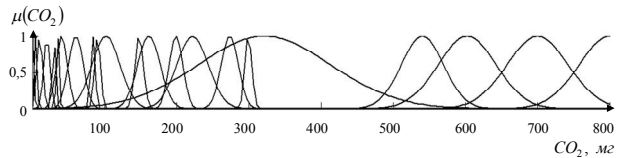


Рисунок 7 – Функція належності через інтенсивність дихання зерна

Структурна схема отриманого об'єкта представлена на рис. 8, а вихідна поверхня $\omega(\theta, CO_2)$ на рис. 9.

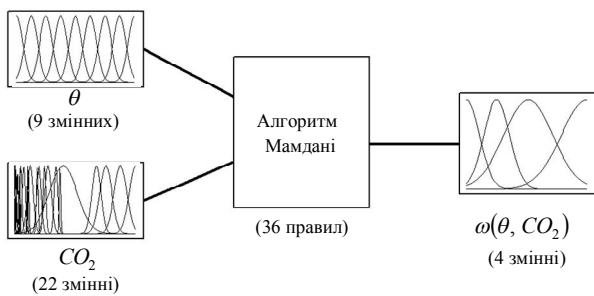


Рисунок 8 – Структурна схема бази знань алгоритму Мамдані

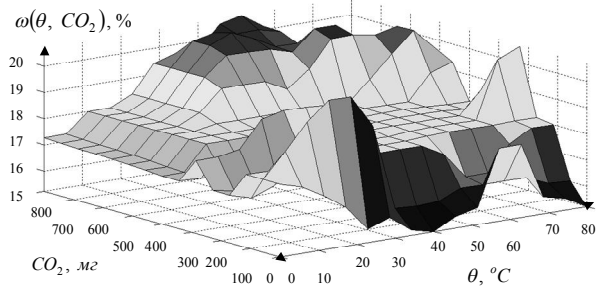


Рисунок 9 – Поверхня $\omega(\theta, CO_2)$

Структурна схема моделі втрат зерна при транспортуванні представлена на рис. 10, імітаційна модель втрат зерна відображена на рис. 11, поверхня $\delta(\theta, \omega), \%$ представлені на рис. 12, результати моделювання представлені на рис. 13.

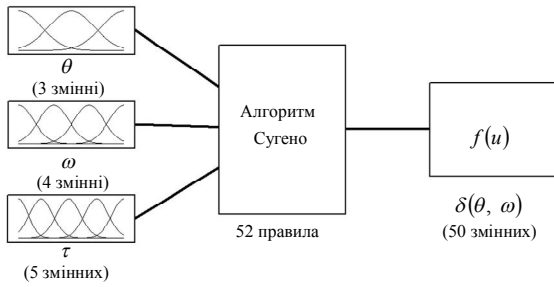


Рисунок 10 – Структурна схема бази знань алгоритму Сугено

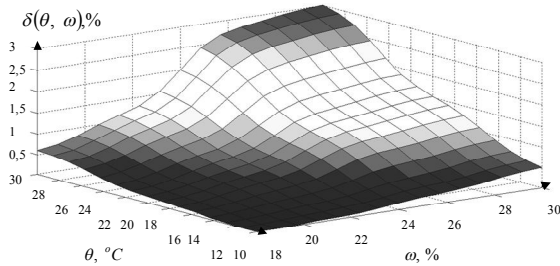


Рисунок 12 – Поверхня $\delta(\theta, \omega), \%$

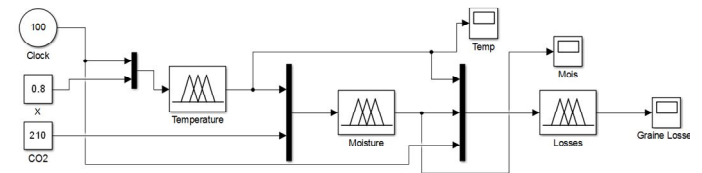


Рисунок 11 – Імітаційна модель

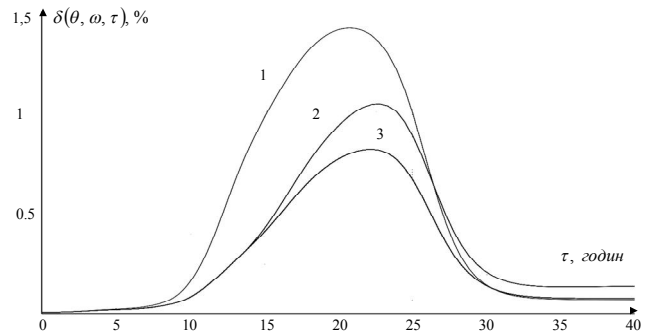


Рисунок 13 – Результати моделювання:

- 1 – Втрати при умовах $\theta = 30^\circ\text{C}$, $\omega = 23\%$;
- 2 – Втрати при умовах $\theta = 20^\circ\text{C}$, $\omega = 19\%$;
- 3 – Втрати при умовах $\theta = 25^\circ\text{C}$, $\omega = 15\%$.

Висновки. Математичні моделі, які розроблено дозволяють ефективно виявляти осередки самозігрівання зерна при зміні температури зернового насипу.

Своєчасне визначення зміни втрат зернового насипу дозволяє забезпечити необхідну якість продукту та визначити метод (закон) керування системою автоматичного контролю якості.

Керування системою контролю та реєстрації за показниками температури, вологості та втрат зернового насипу доцільно виконати як систему з нечіткою логікою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Снопков В. И. Технология перевозки грузов морем/ В.И. Снопков. – 3-е изд., доп. и перераб. – СПб. : АНО НПО Мир и Семья, 2001. – 560 с.
2. Справочник капитана дальнего плавания / Л. Р. Аксютин, В. М. Бондарь, Г. Г. Ермолаев и др.; под ред. Г. Г.Ермолаева. – М. :Транспорт, 1988. – 248 с.
3. Дмитриев В. И. Обеспечение безопасности плавания / В. И. Дмитриев. – Учебное пособие для вузов водного транспорта – М. : Академкнига, 2005. – 374 с.
4. Сборник правил морской перевозки продовольственных грузов. РД 31.11.25.25-96 Правила морской перевозки зерновых грузов (Взамен РД 31.11.25.25-87) Вып.6-М. – СПб : ЗАО ЦНИИМФ, 1996.
5. Сергунов В. С. Дистанционный контроль температуры зерна при хранении / В. С. Сергунов. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат 1987. – 174 с.
6. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB/ С.Д. Штовба. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 288с.
[<http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/12.php>].

ВЗАИМОВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛОГИСТИКИ В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ (В МАТЕМАТИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ)

Дорофеева З.Я.

Киевская государственная академия водного транспорта
имени гетьмана Петра Канашевича-Сагайдачного
(Украина)

Вступление. В современных экономических условиях развития государства Украины на пути интеграции Украины в европейское экономическое пространство большое значение имеет поддержание конкурентоспособности транспортной отрасли. Верховным советом Украины было согласовано коалиционное соглашение, в развитие которого Министерством инфраструктуры Украины был принят план мер по выполнению Программы деятельности Кабинета Министров Украины и Коалиционного соглашения в 2015 году. В соглашении предусмотрен ряд мероприятий, направленных на развитие морского и речного направления транспортной отрасли, а именно: «разработка программ развития государственных стивидорских компаний на среднесрочный период; разработка и утверждение методики расчета ставок портовых сборов, совершенствования мер по тарифному регулированию на речном транспорте» [1]. Потому, в данном направлении немаловажное значение имеет логистика транспортной отрасли в ракурсе построения с прогностической целью математических моделей развития рассматриваемых процессов.

Цель работы: Для обеспечения совершенствования вышеуказанных аспектов, имеет значение:

во-первых, анализ влияния некоторых показателей складского хозяйства порта на эффективность перевалки груза с одного вида транспорта на другой;

во-вторых, необходимость проведения математического моделирования некоторого условного грузового потока через транспортный узел во взаимосвязи между складскими площадями порта и себестоимостями перевалки различных видов грузов.

Изложение основного материалы: Крупный транспортный узел, в котором отображена работа основных видов общего транспорта - водного, железнодорожного, автомобильного и авиационного, является сегодня объектом многочисленных логистических исследований [2, 3, 4]. Известно, что своевременная доставка груза обеспечивает эффективность рыночной системы хозяйствования развитых стран мира. При этом основными звеньями, в сложных материальных потоках грузовой цепи, являются склады, от правильной организации работы которых во многом зависит эффективность транспорта в целом [5, 6].

Многие исследователи рассматривают склад в рамках логистической системы не только как хранилище грузов, но и как инструмент управления и регулирования материальных потоков [6, 8].

Однако, если вспомнить, что управление материальным потоком не возможно без организации эффективного управления информационным пространством транспортной цепи, то актуальность исследования связей двух этих потоков становится весьма своевременной. Именно транспортные узлы, как крупные, так и небольшие, являются определяющими в построении транспортного и информационного пространства, которое мы в дальнейшем мы будем называть логистическим.

Транспортные узлы представляют собой не что иное, как правильно организованное складское хозяйство, приспособленное не столько к длительному хранению груза, сколько к использованию его регуляционных возможностей в целях ускорения процесса перевалки груза с одного вида транспорта на другой.

Различие в режиме работы водного и сухопутного транспорта и, в частности, различие в технологиях перевозки, в грузоместимости судов и других транспортных средств, приводят к тому, что, несмотря на все видимые преимущества «прямого

варианта», значительная часть грузов проходит через склад. При этом роль склада (как буфера) не ограничивается лишь временным хранением грузов. На многих складах, в зависимости от рода груза и характера перевозок, производится сортировка грузов и подбор партий определенного сорта, упаковка, просушка (зерно), взвешивание и другие операции.

В данной статье рассматриваются некоторые вопросы взаимодействия отдельных элементов транспортного узла их влияние на эффективность его работы. Для исследования применены методы экономико-математического моделирования. Под моделью в данном случае понималось отображение логистической системы (абстрактное или материальное), которое может быть использовано вместо нее для изучения ее свойств и возможных вариантов поведения.

При построении модели соблюдалось следующие:

- поведение, структура и функции модели взяты соответствующими моделируемой логистической системе;
- отклонения параметров модели в процессе ее функционирования от соответствующих параметров моделируемой логистической системы не выходили за рамки допустимой точности моделирования.

По характеру применения склады разделяются на транзитные (буферные) и базисные.

Многие речные и морские конечные порты, получая грузы в течение навигации, обеспечивают их доставку сухопутным транспортом круглогодично. Иногда, наоборот, в портах отправления грузы накапливают в межнавигационный период. В морских портах, особенно при экспортных перевозках, необходимость подбора крупных партий односортных грузов или уменьшения сезонной неравномерности поступления отдельных видов груза, а иногда и коммерческие соображения могут служить причиной устройства базисных складов. Сроки хранения грузов на базисных складах могут достигать нескольких месяцев.

Чем короче путь прохождения груза на территории порта, тем меньше себестоимость его обработки. Поэтому для большинства грузов, исключая лишь грузы, требующие специально оборудованных хранилищ, стремятся склады разместить вдоль всей причальной линии.

В процессе текущего планирования возникает задача специализации эксплуатируемых причалов и складов Дунайских портов Украины. Уточнение специализации вызвано различными условиями работы порта по периодам навигации в связи с гидрологическими условиями применительно к условиям реки Дунай.

Задача исследования и выбора оптимального варианта специализации причалов и складов порта формулируется следующим образом.

В порту имеется n причалов и s складов для освоения m грузопотоков за определенный промежуток времени T . Известны:

- перечень грузопотоков ($i=1,2,\dots,m$), характеристика каждого грузопотока – величина Q_i , род груза, направление, режим прохождения через порт, доля прямого варианта k_{mp} и срок хранения груза t_{xpi} , тип и загрузка Q_{ci} расчетного судна, приведены затраты за 1ч стоянки S_{ci} ;
- габариты, оборудование каждого ($j=1,2,\dots,n$) причала, плановый бюджет времени T_{nj} ;
- тип, емкость, полезная площадь F_j каждого склада.

По техническим параметрам допускается:

- использование определенного перечня и числа причалов $n_i \leq n$ для освоения i -го грузопотока и взаимодействие с каждым j -м причалом перечня и числа $C_{ij} \leq C$ складов;

– освоение определенного перечня и числа m_j грузопотоков на j – м причале.

Каждому варианту, обусловленному освоением фиксированного i – го грузопотока на определенном j – м причале и связанному с ним γ - м складе, соответствуют известные показатели удельного расхода бюджета времени причала $\tau_{ij\gamma}$, полезной площади склада $f_{ij\gamma}$ и комплексных затрат $S_{ij\gamma}$.

Искомыми неизвестными являются количество груза $x_{ij\gamma}$ i – го грузопотока, которое рекомендуется осваивать j – м причале во взаимодействии с γ - м складом.

Математическая модель задачи выбора оптимальных расстановочных вариантов по грузопотокам имеет вид.

Целевая функция определяет величину комплексных расходов при освоении грузопотока порта имеет вид

$$S(x) = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\gamma=1}^c S_{ij\gamma} x_{ij\gamma} \quad (1)$$

Ограничения учитывают:

обязательное освоение грузопотоков

$$\sum_{j=1}^n \sum_{\gamma=1}^c x_{ij\gamma} = Q_i, \quad i=1,2,\dots,m; \quad (2)$$

использование причала в пределах планового бюджета времени

$$\sum_{i=1}^m \sum_{\gamma=1}^c \tau_{ij\gamma} x_{ij\gamma} \leq T_{nj}; \quad j=1,2,\dots,n; \quad (3)$$

загрузку складов в соответствии с их полезной площадью

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij\gamma} x_{ij\gamma} \leq F_{\gamma}, \quad \gamma=1,2,\dots,c; \quad (4)$$

выполнение условий неотрицательности

$$x_{ij\gamma} \geq 0, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n, \gamma=1,2,\dots,c. \quad (5)$$

Необходимо найти значение $x_{ij\gamma}$, минимизирующее целевую функцию.

Наглядное представление о зависимости комплексных расходов при освоении грузопотока порта от площади склада дает следующий график на рис.1:

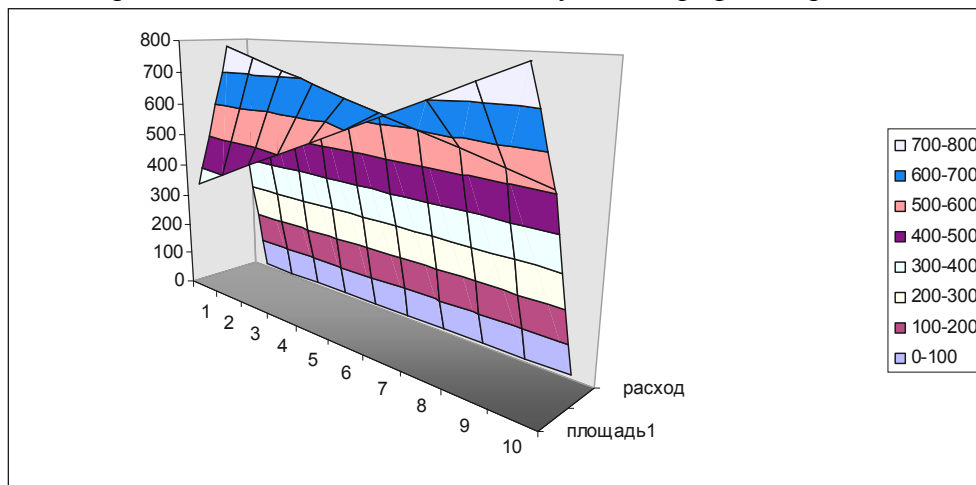


Рисунок 1 – Зависимость комплексных расходов портовых операций от соотношения складских площадей порта

Как видно из рис.1 существует минимум комплексных портовых расходов на переработку разных видов грузов при определенном соотношении складских площадей.

Неоднократное моделирование различных сочетаний видов груза и отведенных под них складских площадей показывает, что отношение стоимости перевалки груза и величины складской площади этого груза обратно пропорциональны.

Это отношение может быть представлено следующей формулой:

$$F_{ij} = F_{ji} \frac{S_{ji}(x)}{S_{ij}(x)} \quad (6)$$

На практике же обычно прибегают как раз к обратному, выделяя под затратные грузы больше складских площадей, а это заметно уменьшает эффективность всего транспортного потока.

Из вышесказанного можно сделать **выводы к статье**:

1. Результаты исследования модели выявили новые свойства моделируемой логистической системы, не отраженные в исходном материале, использованном для составления данной модели.

2. Выделение складских площадей под определенный вид груза необходимо производить в соответствии с выявленной закономерностью и только после математического моделирования существующего в порту динамического логистического потока.

3. Сезонные изменения гидрологических условий реки Дунай предполагают проводить такое моделирование, используя в дальнейшем аппарат динамического программирования.

4. Метод математического моделирования позволяет не только решать многие задачи по управлению грузовой работой порта, но и аргументировано воздействует на косность устоявшегося производственного мышления.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.mtu.gov.ua/uk/show/water+_transport.html.
2. Гордон М. П., Карнаухов С. Б. Логистика товародвижения / М. П. Гордон, С.Б.Карнаухов – М. : Центр экономики и маркетинга, 1998. – 168 с.
3. Кутах О. П., Семенець Г. В. Обґрунтування можливостей застосування контейнерів у міжнародних перевезеннях / О.П. Кутах, Г.В. Семенець. – Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Збірник наукових праць МННЦ ІТіС. – Київ, 2008. – Вип. 13. – С. 69-85
4. Логистика: учебное пособие / под ред. Б. А. Аникина. М.: Проспект – М, 2013 .- 406с.
5. Логистика: Учебное пособие / Под ред. Б.А.Аникина, Т. А. Родкина – М. : Проспект, 2014. – 408 с.
6. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска / За ред.Г. Бродецкий. – М. : «Вершина», 2006. – 376с.
7. Неруш Ю. М. Логистика / Ю. М. Неруш. - 4-изд., перераб. и доп. – М. : Проспект, 2006. – 520 с.
8. «Основы логистики» / Под. ред Л. Б. Миротина и А. К. Покровский – М. : Академия, 2013. – 192 с.

СИНТЕЗ ПРЕЦИЗІЙНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТА НА РЕЖИМІ ВИСІННЯ НАД ТОЧКОВИМ ОБ'ЄКТОМ

Казак В.М., Тимошенко Н.А.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Останнім часом спостерігається значне підвищення інтенсивності використання вертольотів для виконання робіт на точкових об'єктах: скидання вантажів у отвори труб (наприклад, атомні електростанції), встановлення секцій телевізійних та радіо вишок а також їх антен, рятувальні роботи, десантування на обмеженій площині тощо. Такі роботи вимагають виконання високоточної стабілізації вертольота відносно точкового об'єкту. Отже, виникає потреба у створенні системи стабілізації вертольота на режимі висіння над точковим об'єктом з прецизійною точністю в умовах негативного впливу факторів зовнішнього середовища.

При розробці систем автоматичного керування польотом повітряних кораблів (ПК) завжди користуються сучасними методами проектування керуючих систем. Проте безпосереднє застосування цих методів для побудови систем керування і стабілізації вертольота у польоті через його коливання з високими частотами, внесок в які роблять хвостова балка, несучий та кермовий гвинти та ін., призводять до ускладнення систем автоматичного керування (САК) і надмірного зростання чутливості по відношенню до змін параметрів об'єкта керування, шумам і завадам на входах систем керування та випадковим збуренням на її виході. При виникненні таких проблем розробники САК застосовують частинні способи проектування з використанням методу спроб та помилок, що є придатними для конкретних задач [1]. У той же час, загального підходу, який дозволив би уникнути наведених труднощів на даний час не існує.

Для жорсткої стабілізації вертольота на режимі висіння над заданою точкою висіння, його САК повинна активно реагувати на будь-які зрушення в обмеженій площині. Таке обумовлено наступними факторами:

- виникнення раптового збурюючого обертового моменту, що діє на вертоліт і утворюваного повітряним потоком, який взаємодіє з потоками відбитими від підстилаючої поверхні при висінні на малих висотах;
- взаємовплив потоків, що циркулюють відносно фюзеляжу між несучим та кермовим гвинтами;
- необхідністю здійснення відбиваючих маневрів вертольота при виникненні порушень стабілізованих параметрів його висіння над заданою точкою об'єкта обмеженої площини та ін.

Застосування теорії оптимального керування до задачі стабілізації висіння вертольота відносно заданої точки обмеженої площини дає прийнятну точність стабілізації. Однак, у випадках, коли необхідно стабілізувати висіння вертольота відносно точкового об'єкта, приходимо до висновку, що оцінка точності стабілізації та тривалості висіння не забезпечується набором штатних, для цього режиму польоту, датчиками. Тому авторами пропонується використовувати інформацію про просторове положення вертольота відносно точкового об'єкта його швидкість та прискорення.

Постановка задачі. Задачу синтезу прецизійної системи стабілізації на режимі висіння над центром точкового об'єктом (рис.1) сформуємо наступним чином. Припустимо, що для умов висіння $T \approx G$, тоді можна скласти рівняння сил та моментів, що діють на вертоліт у польоті на режимі висіння.

$$\begin{cases} m\dot{V}_{X_g} + mb\dot{\omega}_z + ml\ddot{\theta} = X_g \\ mb\dot{V}_{X_g} + (\dot{I}_{Z_g} + mb^2)\dot{\omega}_z + mbl\dot{\theta} = M_{Z_g} + mgb(\theta - \vartheta), \\ \dot{V}_{X_g} + b\dot{\omega}_z + l\ddot{\theta} = -g\theta. \end{cases} \quad (1)$$

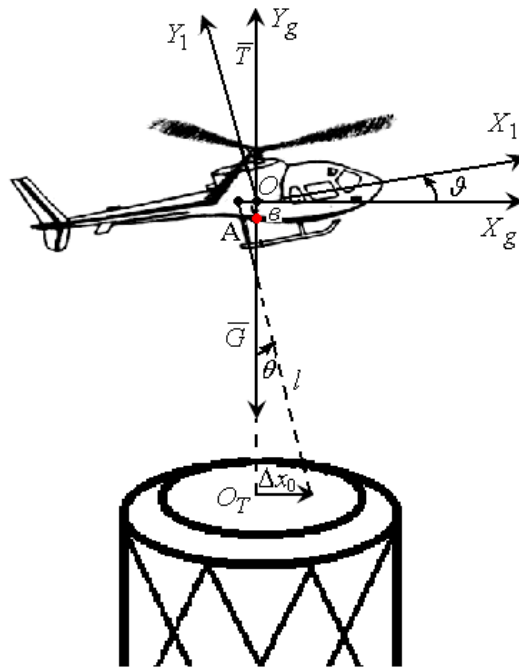


Рисунок 1 – Система «вертоліт–точковий об’єкт»

Використовуючи метод аналітичного конструювання за критерієм узагальненої роботи (АКУР). На основі системи (1), переписавши її у векторній формі, можна визначити оптимальне керування, що мінімізує наступний функціонал [2]:

$$J = 0,5 \int_0^{\infty} (X^T Q X + R U^2) dt, \quad (2)$$

У якості матриці Q використовується невід’ємна діагональна матриця:

$$\begin{bmatrix} q_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_5 \end{bmatrix},$$

а у якості матриці R використовуємо одиничну матрицю

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

з урахуванням цього функціонал (2) набуває вигляду:

$$J = 0,5(q_1 x^2 + q_2 \dot{x}^2 + q_3 \ddot{x} + q_4 \theta^2 + q_5 \dot{\theta} + u^2), \quad (3)$$

Рішення задачі. Використовуючи систему (1), при синтезі системи автоматичної стабілізації вертольота, можна скористатись методом АКУР для визначення алгоритму та закону стабілізації висіння вертольота над точковим об’єктом (Рис. 1, точка O) так, щоб вертоліт утримувався з урахуванням несприятливих зовнішніх умов, точно над цією точкою. Вихідними умовами задані такі: кут тангажу та його похідні дорівнювали $\vartheta = 0, \dot{\vartheta} = 0, \theta = 0, \dot{\theta} = 0$, а також прискорення вийшли на нуль, тобто $\ddot{X}_g = \dot{V}_{x_g} = j_{x_g} = 0$; $\ddot{Y}_g = \dot{V}_{y_g} = j_{y_g} = 0$; $\ddot{Z}_g = \dot{V}_{z_g} = j_{z_g} = 0$.

Керуючі дії U формуються за допомогою двох паралельних каналів (Рис. 2), один з яких є швидкодіючим на основі вектора прискорень \bar{J} , а другий – інерційним каналом на основі вектора швидкості \bar{V} , причому сигнал інерційного каналу віднімається від сигналу швидкодіючого каналу [3].

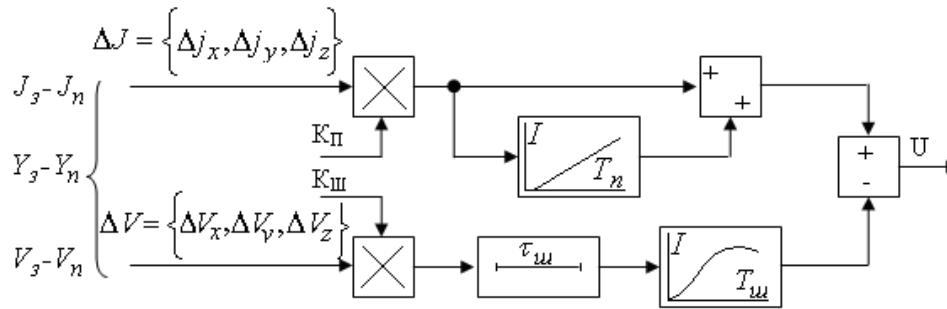


Рисунок 2 – Структурна схема формування керуючих дій

Розроблений стабілізатор для наведених умов (Рис.2.), який є частиною САК, вирішує задачу одночасного підвищення швидкодії та збереження стійкості системи автоматичного керування, що неможливо реалізувати у стандартних схемах, де існує протиріччя, а саме зростання коефіцієнта підсилення, викликає зниження запасу стійкості системи автоматичної стабілізації і керування.

Першими реагують на порушення умов (3) датчики прискорень j_x, j_y, j_z , які характеризують короткоперіодичне коливання центра мас вертольота. Другими – вимірювачі швидкості зміщення центра мас вертольота відносно точки O (Рис.1) $\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z}$, які характеризують довгоперіодичні коливання центра мас вертольота. Отже, для розв’язання завдання стабілізації висіння вертольота відносно заданої точки O точкового об’єкту (Рис.1), необхідно скласти модель системи з нульовими прискореннями відносно центру точкового об’єкта.

При розв’язанні поставленої задачі виконано моделювання за допомогою пакета програм «Simulink» в середовищі Matlab. При використанні розширеного фільтра Калмана у якості інформаційного забезпечення системи стабілізації висіння вертольота, використовувались дані від вимірювачів швидкості польоту: інерціальної навігаційної системи, супутникової навігаційної системи або доплерівської радіолокаційної станції вимірювання швидкості та кута зносу, а також вимірювачів прискорень j_x, j_y, j_z : датчиків лінійних прискорень (ДЛП_x, ДЛП_y, ДЛП_z). У якості прикладу обрано моделювання процесу стабілізації вертольота на режимі висіння у повздовжній площині із початковими умовами $x_i = [0 \ 10 \ 0 \ 0,20 \ 0,18]^T$, які обирались їх підбором у процесі моделювання.

Частина результатів моделювання у середовищі Matlab з використанням розглянутих умов наведена на рис. 3, 4, 5.

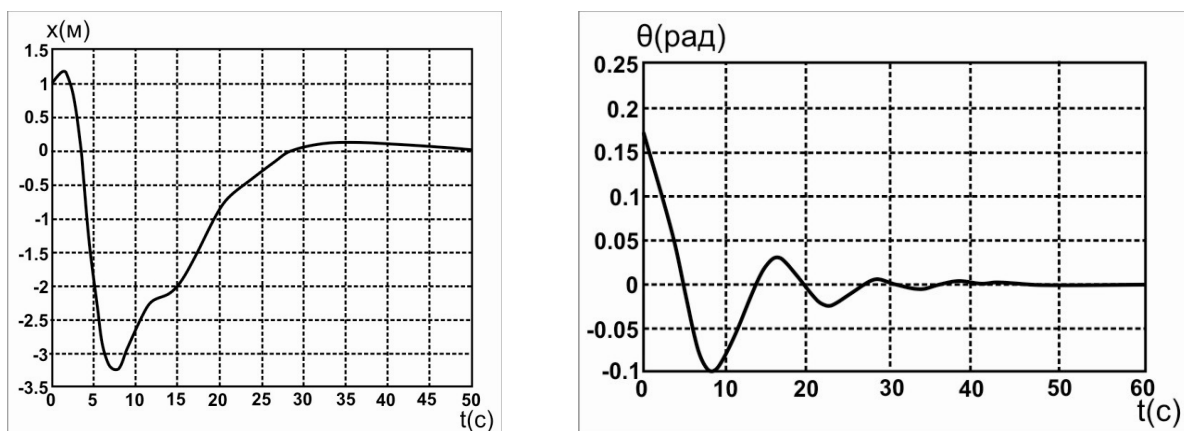


Рисунок 3 – Результати демпфування коливань при вимірюванні \dot{X} за допомогою доплерівського вимірювача швидкостей

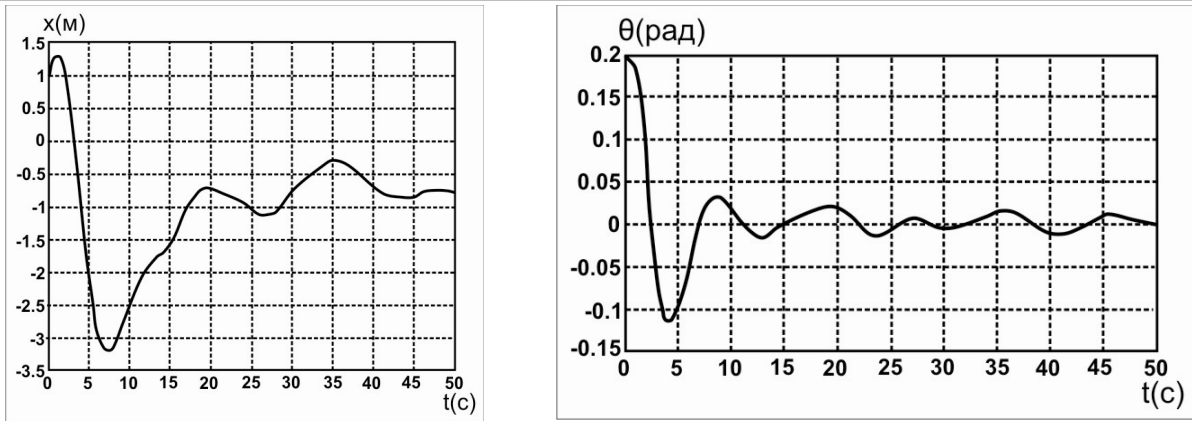


Рисунок 4 – Результати демпфування коливань при вимірюванні \dot{X} за допомогою інерціальної системи

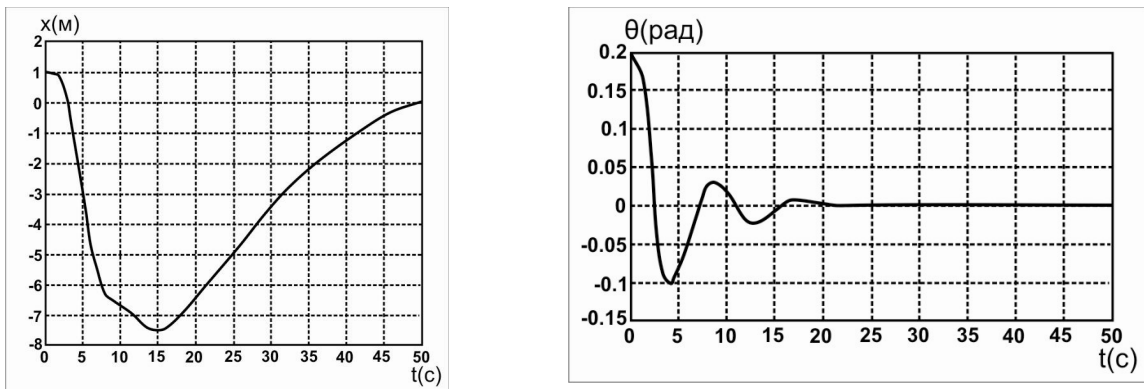


Рисунок 5 – Результати демпфування коливань при вимірюванні \dot{X} за допомогою супутникової системи

З порівняльного аналізу даних, отриманих при моделюванні, Рис. 3, 4, 5 можна зробити висновок, що на якість стабілізації висіння вертольота значно впливає спосіб, характеристики та точність вимірювачів швидкісних параметрів.

В результаті проведених досліджень отримано закон керування вертольотом через відхилення автомата перекосу у повздовжній площині:

$$\delta_g = -0.0641\ddot{X}_g - 0.0320\dot{X}_g - 0.0112X_g + 0.1330\dot{\vartheta} + 0.2730\vartheta + 0.2368\dot{\theta} + 0.4350\theta$$

та закон синхронного регулювання його тяги через загальний крок несучого гвинта:

$$\varphi = -0.0068\ddot{X}_g - 0.0026\dot{X}_g - 0.0011X_g + 0.1292\dot{\vartheta} + 0.0298\vartheta - 2.4430\dot{\theta} - 0.1703\theta$$

Висновки. Запропонований метод синтезу, побудований на основі методу аналітичного конструювання за критерієм узагальненої роботи за умови формування керуючих дії U за допомогою двох паралельних каналів, виявився досить ефективним і зручним при практичному використанні й дозволяє створити прецизійну систему стабілізації вертольота на режимі висіння над точковим об'єктом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Safonov M. G. and Athans., Grain and Phase Margin for Multiloop LGG Regulators; IEE Transcriptions on Automatic Control, Vol. AC-22, April 1977. – P. 173–179.
2. Красовський А. А. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование / А. А. Красовский. – М.: НАУКА, 1973. – 560 с.
3. Kazak V. M. Model of Stabilization of Helicopter in Hover Mode over a Given Point Object under Destabilizing Action of Weather Conditions / V. M. Kazak, D. O. Shevchuk, N. A. Tymoshenko // Journal of Automation and Control., Science and Education Publishing Co, Newark, United States, Vol. 2. – No. 3. – 2014. – P. 86–90.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Косолапов А.А.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна
(Украина)

Введение. Создание интеллектуальных систем управления на транспорте и в других сферах промышленности является одной из наиболее актуальных и сложных проблем в области разработки и внедрения современных систем автоматизации. Сложность проблемы определяется в первую очередь фактором её размерности, территориальной и функциональной распределённостью отдельных подсистем, технологической и технической разнородностью автоматизируемых процессов и устройств, а также работой в реальном масштабе времени. В настоящее время известно достаточно большое количество книг, журналов, статей, докладов на конференциях и презентаций, в которых описываются два стратегических подхода к построению интеллектуальных транспортных систем (ИТС): американский и европейский [1; 3; 4; 5; 6; 7].

Решения задачи. Знакомство с многочисленными работами показывает различные определения основных понятий [1; 4], наличие разнообразных взаимосвязанных архитектур (функциональной, физической, организационной, архитектуры коммуникаций [6]). Дискутируется вопрос об отличии информационных систем, интеллектуальных систем, ИТС. В докладе на основе сформулированной автором концепции смены парадигм компьютеризации/информатизации и определения базового понятия архитектура (на основе известных видов обеспечения компьютерных систем) предпринята попытка реструктурировать проблему создания ИТС и предложить комплексную методику их системного проектирования.

Основные результаты. АИС представляет собой множество взаимосвязанных структур, которые описываются следующим выражением:

$$АИС = Цель \cap (КТС \cup ПО \cup МО \cup ИО \cup ЛО \cup ОО \cup МетрО), \quad (1)$$

\cup операция объединения множеств,

\cap операция пересечения множеств,

где *Цель* – цель создания системы; *КТС* или *ТО* (техническое обеспечение) - комплекс технических средств ввода (*ВВ*), обработки (*Обр*), хранения (*Хр*), коммутации (*Ком*), передачи (*П*) и вывода (*Выв*) информации (информационная инфраструктура); *ПО* – программное обеспечение; *МО* – математическое обеспечение (совокупность математических моделей, методов, функций и алгоритмов); *ИО* - информационное обеспечение (константы, переменные, таблицы, файлы, базы данных, базы знаний); *ЛО* – лингвистическое обеспечение (совокупность языковых когнитивных средств общения с человеком (с пользователями системы); *ОО* – организационное обеспечение (пользователи системы, организационная структура и инструкции оперативному персоналу); *МетрО* – метрологическое обеспечение (средства обеспечения заданных достоверных характеристик измеряемых характеристик). Из приведенного выражения (1) можно описать основные архитектуры ИТС [6]:

$$\text{физическая архитектура} - \text{ФАИС} = \text{Цель} \cap (\text{Вв} \cup \text{Обр} \cup \text{Хр} \cup \text{Выв}) \quad (2)$$

$$\text{архитектура коммуникаций} - \text{КАИС} = \text{Цель} \cap (\text{Ком} \cup \text{П}) \quad (3)$$

$$\text{функциональная архитектура} - \text{ФАИС} = \text{Цель} \cap (\text{МО} \cup \text{ИО} \cup \text{ЛО}) \quad (4)$$

$$\text{организационная архитектура} - \text{ОАИС} = \text{Цель} \cap \text{ОО} \quad (5)$$

Все виды обеспечений характеризуются набором взаимосвязанных статических и динамических структур, которые формируются в процессе проектирования и функционирования информационной системы и объединены общей концептуальной

схемой для достижения целей создания. Следует отметить, что обеспечения ИС изменяются в зависимости от развития целей создания, технических требований к их характеристикам, что можно обобщить и представить в виде гносеологической концептуальной модели смены парадигм компьютеризации/информатизации общества.

Парадигму будем рассматривать как совокупность явных и неявных (и часто не осознаваемых) предпосылок, определяющих научные исследования и признанных на данном этапе развития науки, а также универсальный метод принятия эволюционных решений. В данном случае это гносеологическая модель развития процессов информатизации, которая представлена на рис. 1. В настоящее время можно говорить о переходе от парадигмы информационных систем к парадигме интеллектуальных систем. Смена парадигм опирается на изменение приоритетов технических и антропологических требований к исследуемым системам. Рассмотрим приведенные парадигмы, как изменяется состав их видов обеспечения.

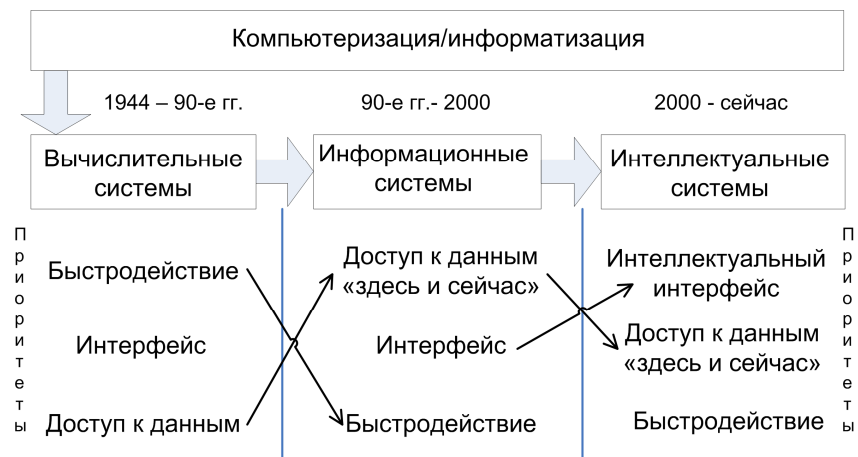


Рисунок 1 – Эволюция парадигм компьютеризации/информатизации

С появлением первых компьютеров в индустриальном обществе началось становление первой парадигмы компьютеризации, связанной с созданием и внедрением **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**. Главным требованием пользователей к ЭВМ в это время было увеличение их **БЫСТРОДЕЙСТВИЯ**. Одна из первых ламповых машин «Урал-1» выполняла всего 3,5 тысячи операций в секунду. Второе требование касалось **ИНТЕРФЕЙСА**, т.е. организации взаимодействия человека с компьютером: он был «недружелюбным» через синий цифровой экран и нестандартизованную клавиатуру. И менее всего на этом этапе пользователей интересовало место размещения в памяти ЭВМ исходных данных и результатов вычислений, или **ДОСТУП К ДАННЫМ**. Во время первой парадигмы шла компьютеризация индустриального общества путём создания автоматизированных систем управления (АСУ): вначале это были АСУ предприятиями (АСУП) для управления электронным документооборотом, затем, с повышением надёжности компьютеров и появлением управляющих ЭВМ, внедрялись АСУ технологическими процессами (АСУТП). Эти два класса АСУ объединялись в интегрированные системы (ИАСУ) и гибкие автоматизированные производства (ГАП), которые дополнялись системами автоматизированного проектирования (САПР) [2].

На рис. 2 приведена спиралевидная схема развития систем автоматизации сортировочных станций (этапы обозначены римскими цифрами). Переход к интеллектуальным сортировочным станциям показан пунктиром. Для проектирования систем на V уровне автор предлагает использовать разработанный им комплекс системного интегратора.

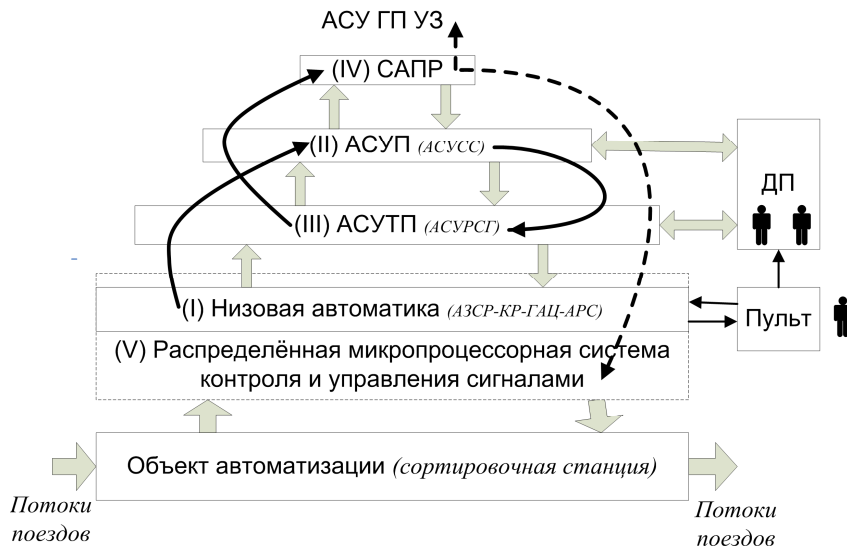


Рисунок 2 – Спираль развития систем автоматизации сортировочных станций (обозначения: АСУСС – АСУ сортировочной станцией; АСУРСГ – АСУ расформированием составов на горке; АСУ ГП УЗ – АСУ грузовыми перевозками «Укрзализныци»; АЗСР – автоматическое задание скорости роспуска; КР – контроль расцепа; ГАЦ – горочная автоматическая централизация; АРС – автоматическое регулирование скорости скатывания отцепов, ДП – диспетчерский пульт)

В докладе иллюстрируется ресурсное обеспечение всех парадигм и их относительные объёмы. Для всех этапов развития компьютеризации/информатизации носителем новых технологий является комплекс технических средств (КТС). В процессе создания компьютерных систем (КС) основные усилия разработчиков направлялись на построение быстродействующих устройств обработки и хранения данных. Скоростные устройства и технологии передачи данных только зарождались. В это время создавалось математическое обеспечение для первых пакетов прикладных программ. Антропологические проблемы на данном этапе были связаны с «боязнью» работы в АСУ, в которых видели угрозы потери рабочих мест и превосходства над человеческим интеллектом.

Переломными научно-техническими решениями, которые определили смену парадигмы и приоритетов характеристик ИС и начало вхождения человечества в эпоху построения «постиндустриального общества», на мой взгляд, являются переход в 1991 году к массовому производству персональных компьютеров (ПК) и появление, в это же время, надстройки над Интернет – всемирной паутины WWW. Персональные компьютеры не только на предприятиях и в организациях, но и в домашних условиях, привели к появлению массовых запросов на решение проблемы обеспечения доступа к данным «здесь и сейчас»! И это стало возможным благодаря Веб, которая является территориально распределённой сетью информационных, программных и технических ресурсов. В это время вместо понятий автоматизированные системы управления, контроля, измерения, АСУП, АСУТП и т.п. начинают использовать обобщённое название – ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, которая выполняет функции автоматизированной обработки информации для реализации любых необходимых функций. Третьей существенной особенностью данного этапа информатизации становится соизмеримость скоростей обработки и передачи данных, что позволяет пользователям, находясь в любой точке глобальной сети Интернет, работать со своими Веб-ресурсами «здесь и сейчас». Сеть превращается для сотен миллионов пользователей в гигантский виртуальный вычислитель с распределённой обработкой и передачей данных. На данном этапе возрастает роль информационного обеспечения КС, которые строятся на основе Систем Управления Базами Данных (СУБД). Однако, по-прежнему остаётся нерешённым вопрос создания «дружественного» ИНТЕРФЕЙСа. Вопросы же

БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ЭВМ и сетей для массовых применений переходят на третий план (рис. 1).

Появление новой парадигмы наблюдается в наше время, когда пользователей не беспокоит быстродействие систем и доступ к данным «здесь и сейчас», но проявляется растущая потребность в качестве ожидаемых данных, чтобы они обладали релевантностью, достоверностью и помогали бы в процессе принятия решений при лавинообразном увеличении объёмов данных. В данном случае речь идет о реализации когнитивного интеллектуального интерфейса, идея которого была впервые предложена японцами в проекте стратегических вычислительных машин пятого поколения в 1982 году [8]. В наше время стали активно проводиться работы по созданию КС с элементами искусственного интеллекта, или интеллектуальных систем. В новой парадигме на первый план выходят вопросы создания «дружественного» интеллектуального интерфейса за счёт 1) речевого ввода-вывода, 2) ввода-вывода изображений 3) моделей и методов решения неформализованных задач, объём которых достигает 80% всех известных в науке и технике задач. То есть современные системы работают не с данными, а со знаниями. Их ИО представляется в виде Систем Управления Базами Знаний (СУБЗ). Необходимость применения новых «мягких» моделей связана не только с необходимостью решения не формализуемых задач, но и с жесткими временными ограничениями для работы в реальном масштабе времени.

Таким образом, интеллектуальная транспортная система (англ. *Intelligent transportation system*) – это интеллектуальная система с территориально распределённым интеллектом взаимодействующих между собой с помощью информационно-коммуникационных технологий подсистем для решения гибридных (формализованных и неформализованных) задач с целью повышения эффективности, информативности и безопасности управления транспортными процессами и системами в реальном масштабе времени.

Выводы. ИТС являются сложными системами с гибридным интеллектом и мульти структурной архитектурой, для проектирования которых необходимо использовать интеллектуальные комплексы системной интеграции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Н.И. Интеллектуальные транспортные системы: состояние и перспективы / Н.И. Коваленко // Вестник МГТУ МИРЭА. 2014. Т. 5. № 4. – С. 183-203.
2. Косолапов А.А. Ключевая роль транспорта в современном мире : монография [Текст] / [авт. кол. : Косолапов А. А., Блохин А. Л., Борjak К. Ф. и др.]. – Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2013. – 163 с. - ISBN 978-966-2769-16-6.
3. Скалозуб В.В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст] : пособие / В.В. Скалозуб, В.П. Соловьёв, И.В. Жуковицкий, К.В. Гончаров. – Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
5. Directive 2010/40/eu of the european parliament and of the council, of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport // Official Journal of the European Union. 2010. – С. 1-13.
6. Intelligent Transportation Systems, ITS Handbook [Электронный ресурс] // Режим доступа http://road-network-operations.piarc.org/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=71&lang=en – Название с экрана. 2015.
7. Flammini F. Railway safety, reliability, and security: technologies and systems engineering. – PA 17033: IGI Global, 2012. – 487 p.
8. Moto-Oka T. The Fifth Generation Computer: The Japanese Challenge. – New York, 1985. – 122 p.

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ У МІСТАХ

Кузнецов О.П.

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»
(Україна, м. Дніпропетровськ)

Моделювання є одним з головних інструментів дослідження складних технічних, соціальних, економічних і екологічних систем. Транспортні системи великих міст мають риси всіх зазначених систем, тому для вивчення об'єкту дослідження даної роботи застосоване саме моделювання.

У роботі прийнято, що інтенсивність надходження замовлень на обслуговування пропорційна сумарній інтенсивності руху у вузлі, що розглядається, і визначається кількістю транспортних засобів, які потребують обслуговування за дану добу. Частка зазначеної інтенсивності руху автомобілів i -го типу ($\delta_{з(i)}$) може бути розрахована за формулою

$$\delta_{з(i)} = \frac{L_{\text{доб}(i)} \cdot H_{л(i)}}{100 \cdot Q_{з(i)}}, \quad (1)$$

де $L_{\text{доб}(i)}$ – середньодобовий пробіг автомобілів i -го типу, км; $H_{л(i)}$ – лінійна норма витрат пального автомобіля i -го типу, л/100км; $Q_{з(i)}$ – середній розмір однієї заправки автомобілю i -го типу, л.

Для визначення чисельних значень середньодобового пробігу автомобілів і лінійних норм витрат пального використовуються значення відповідних параметрів, що наведені в табл. 1. Для визначення середнього розміру однієї заправки проведений аналіз роботи автозаправних станцій фірм «УкрТатНафта» та «ТНК», що функціонують у Дніпропетровську, результати якого наведені в табл. 2. Приклад теоретичних функції розподілу розмірів заправок за типами автомобілів наведено на рис. 1.

Таблиця 1 – Характеристика автомобілепотоків з використанням метану в якості палива

<i>Тип автомобіля</i>	<i>Питома вага автомобілів, конструкція яких дозволяє використовувати метан в якості палива</i>	<i>Орієнтовний середньодобовий пробіг одного автомобіля, км</i>	<i>Середня лінійна норма витрати палива, л/100км</i>	<i>Значення коефіцієнта приведення</i>
Легкові автомобілі	0,063	50	9	0,0856
Вантажні автомобілі	0,048	150	24	0,5218
Автобуси	0,025	100	28	0,2114
Мікроавтобуси	0,025	150	16	0,1812

Таблиця 2 – Характеристика автомобілепотоків по розміру заправки

<i>Тип автомобіля</i>	<i>Середньодобова кількість заправок, од.</i>	<i>Розмір заправки, л</i>			
		<i>мінімальний</i>	<i>максимальний</i>	<i>середній</i>	<i>відхилення</i>
Легковий	233	5	60	21	20,7
Вантажний	49	40	220	105	48,3
Автобус	12	40	200	68	32,2
Мікроавтобус	67	30	80	45	26,5

З урахуванням результатів обстежень характеристик транспортних потоків щодо пробігу автомобілів, витрат ними пального та пристосованості їх до переобладнання для роботи на метані, характеристики парку транспортних засобів будуть такими, що наведені в табл. 2.

Інтенсивність руху на перехресті у приведених одиницях ($N_{прив}$) визначається за формулою

$$N_{прив} = \sum_{i=1}^{N_m} (N_i \cdot k_i), \quad (2)$$

де N_i – інтенсивність руху автомобілів i -го типу у фізичних одиницях, авт/тиждень; k_i – коефіцієнт приведення типу транспортного засобу до легкового автомобіля.

Таблиця 3 – Модель парку транспортних засобів м. Дніпропетровська

<i>Тип автомобіля</i>	<i>Питома вага автомобілів, конструкція яких дозволяє використовувати метан в якості палива</i>	<i>Частота заправок, од./добу</i>	<i>Питома вага в загальній добовій кількості заправок, %</i>	<i>Питома вага в загальному добовому об'єму заправок, %</i>
Легкові автомобілі	0,063	0,214	27,2	8,6
Вантажні автомобілі	0,048	0,343	33,7	52,2
Автобуси	0,025	0,412	21,2	21,1
Мікроавтобуси	0,025	0,533	17,9	18,1

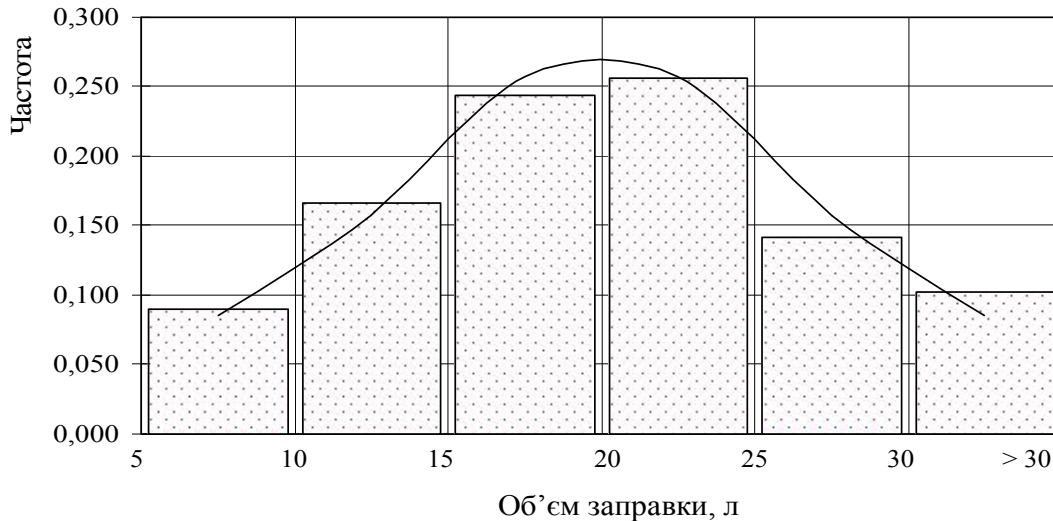


Рисунок 1 – Розподіл об'єму заправок легкових автомобілів (нормальний закон розподілу)

Висновки

1. Характеристики транспортних потоків м. Дніпропетровська в частині попиту на автомобільне паливо з високим ступенем узгодженості підпорядковуються нормальному закону розподілу.

2. Питома вага заправок у фізичних одиницях розподіляється серед різних типів транспортних засобів наступним чином: легкові автомобілі – 25,2%, вантажні автомобілі – 30,7%, автобуси – 19,2%, мікроавтобуси – 14,9%.

ЗАМЕНА ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ РЕШЕНИЕМ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Новицкий А.В., Таран И.А., Трубицин М.Н.

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»
(Украина, г. Днепропетровск)

Управление запасами подразумевает определение размеров теоретической величины запасов для последующего прогнозирования, мониторинга и нахождения рационального состояния параметров логистических систем и их компонент. Учитывая многократное и специфическое влияние объемов запасов на формирование конечной стоимости каждого вида товара определение рациональных величин запасов является, безусловно, **актуальной задачей**, особенно при наличии ограничений, например, на объем склада. В работе разработан не итерационный линейный алгоритм (в отличии от метода неопределенных множителей Лагранжа) для реального примера - случая 2-х видов товаров, табл. 1.

Таблица 1 – Описание и значения исходных величин рассматриваемого примера

Вид товара i	Спрос на товар, ед.тов в. λ_i	Затраты на одну партию товара, грн., Cs_i	Стоимость единицы товара, грн., C_i	Издержки хранения в долях стоимости и товара, P_i	Объем склада, занимаемый единицей товара, m^3 , w_i	Оптимальный размер каждой партии товара, ед.тов., $q_i^* = \sqrt{\frac{2\lambda_i Cs_i}{P_i C_i}}$
1	200	100	12	0,005	5	816,497
2	400	25	7		35	755,929
Оптимальное (<i>min</i>) значение целевой функции, грн., $Q^* = \sum_{i=1,2} \sqrt{2P_i C_i \lambda_i C s_i} = 75,447$						

Цель настоящей работы – разработка линейного аналитического алгоритма поиска расположения и величины минимума издержек при одном линейном ограничении на область целевой функции в последовательности «издержки – расположение минимума». Тогда **постановка задачи**: имеет следующий аналитический и вытекающий из него математический вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = \sum_{i=1}^2 \left(\frac{\lambda_i C s_i}{q_i} + \frac{P_i C_i}{2} q_i \right) = Q(x, y) = \frac{a_1}{x} + x b_1 + \frac{a_2}{y} + y b_2 \rightarrow \min \\ w_1 q_1 + w_2 q_2 \leq 2V \Rightarrow y \leq B \left(1 - \frac{x}{A} \right) \end{array} \right., \quad x, y \geq 0$$

где $V=14000 \text{ м}^3$ – объем склада. Величина глобального (минимума), Q^* (определенного по формуле Уилсона) и координаты его расположения $q_{1,2}^*$ даны в табл.1. С геометрической точки зрения, необходимо найти такую линию уровня Q_K из семейства плоских кривых $Q(x,y)$, чтобы граничная прямая $y=B(1-xA^{-1})$ была касательной к ней в точке (x_K, y_K) , рис.1. Последовательность поиска неизвестных будет иметь вид $Q_K \rightarrow x_K \rightarrow y_K$ и должна соответствовать требованиям однозначного линейного алгоритма.

Подстановка уравнения граничной линии в уравнение семейства кривых уровня Q дает алгебраическое уравнение III степени

$$\frac{1}{A} \left(\frac{b_2 B}{A} - b_1 \right) x^3 + \frac{1}{A} (b_1 A - 2b_2 B + Q) x^2 + \left(\frac{a_2}{B} + b_2 B - \frac{a_1}{A} - Q \right) x + a_1 = 0,$$

решение которого будет отвечать абсциссам точек пересечения этих линий. Искомая точка касания будет иметь место при совпадении точек пересечения, т.е. при кратности корней (одна пара) последнего кубического уравнения, что дает условие для определения Q_K из нулевого равенства дискриминанта D этого уравнения – где: $(r \ s \ t) = (\beta \ \gamma \ \delta) / \alpha$, а α ,

$\beta(Q)$, $\gamma(Q)$, δ – суть коефіцієнти кубического уравнения. Выполнив преобразования получим уравнение IV степени для определения Q_K , корни которого, из рассматриваемого примера (табл. 1), даны в табл. 2.

$$D=[p(Q)/3]^3+[q(Q)/2]^2=[(3s-r^2)/3]^3+[(2r^3/27-rs/3+t)/2]^2=0,$$

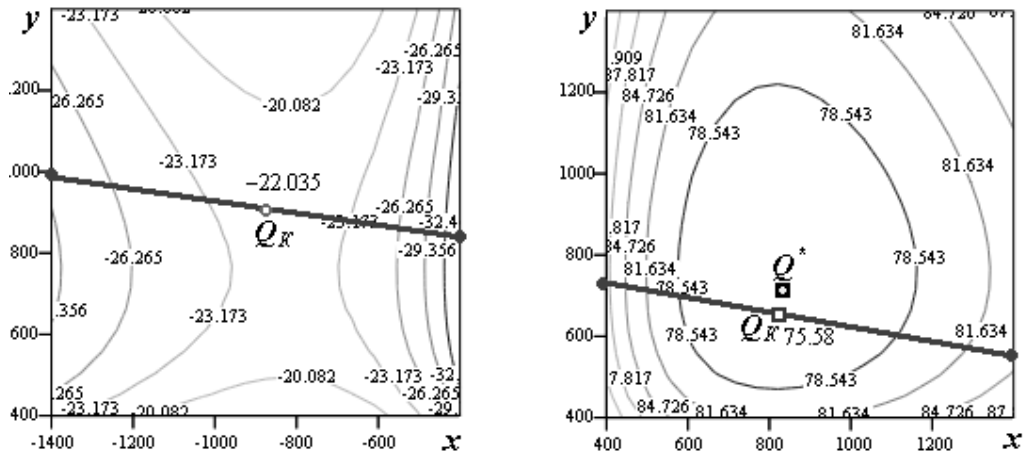


Рисунок 1 – Прохождение линий уровня поверхности $Q=Q(x,y)$ и граничной прямой $y=B(1-xA^{-1})$ в I и II квадрантах

Таблица 2 – Найденные корни алгебраических уравнений

Степень уравнения	Обозначения	Значения корней (парные корни – серая подложка ячеек)			
IV	$Q_{K1}...Q_{K4}$	-22.035	75.58	171.299-86.806 <i>i</i>	171.299+86.806 <i>i</i>
III	x_{K1}	-827.687	809.116	101.384+63.425 <i>i</i>	101.384-63.425 <i>i</i>
	x_{K2}	-827.687	809.116	$10^3(5,609-1,61 \cdot i)$	$10^3(5,609+1,61 \cdot i)$
	x_{K3}	5945	6221	$10^3(5,609-1,61 \cdot i)$	$10^3(5,609+1,61 \cdot i)$
Единственная подходящая пара корней – жирная внешняя рамка двух ячеек					

По найденным корням Q_K , решив 4 раза кубическое уравнение, определим тройки абсцисс $x_{K1,2,3}$ возможных точек касания. Выбор нужного корня – действительного и положительного показан в табл.2. Теперь ордината точки касания $y_K=B(1-x_K \cdot A^{-1})$ является заключающим действием алгоритма. Условие $Q_K=Q(x_K, y_K)$ может служить проверкой, которая необходима при получении нескольких подходящих Q_K и y_K . Выбор нужного решения можно осуществить по минимуму расхождения величин Q_K и Q^* , или определением минимального расстояния между возможными точками касания (x_K, y_K) и точкой глобального экстремума (x^*, y^*) .

Выводы

1. Новизна работы заключается в использовании свойств кратности корней решаемых алгебраических уравнений третьей степени, что позволяет получить упрощенный алгоритм решения и провести наглядный поэтапный расчет в последовательности «издержки – расположение минимума».
2. Реализация алгоритма (на MathCad) показала надежную его работу при большом разбросе величин коэффициентов уравнений (8...14 порядков), но с обязательным подключением метода решения уравнений – «сопутствующая матрица».
3. Заложена основа программы, которая благодаря возможностям MathCad, вполне может являться учебным пособием аналитического решения поставленной задачи логистики.
4. Дальнейшее упрощение рассматриваемого аналитического алгоритма связано с детальным анализом свойств получаемых уравнений и понижением их порядка.

НОВАЯ МОДЕЛЬ РОЖДЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ – НАШ ОТВЕТ ХОКИНГУ

Настасенко В.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Связь проблемы с основными научными направлениями Успешное развитие инноваций возможно только на базе создания достоверных гипотез и теорий. Из них основополагающими являются гипотезы рождения Вселенной, на базе которых созданы ряд моделей [1, 2]. Их разработка является фундаментальной задачей, предусматривающей объяснение явлений и процессов материального мира на всех уровнях – от субатомного, до глобального, что указывает на ее важность для всех сфер научных исследований, в т.ч. в области космологии, астрофизики, прикладной и теоретической физики и др. При этом ряд возникающих явлений и эффектов может способствовать созданию новой техники и технологий для транспортных систем, материалов и средств связи, как для планетарного, так и звездного уровней мироздания. Таким образом, успешное решение данных задач является актуальным и имеет большое научное и прикладное значение.

Не смотря на большой научный и познавательный интерес к данной проблеме, до настоящего времени достоверная модель рождения и развития Вселенной так и не создана. Наиболее известная шаровая модель Большого Взрыва [1], после которого она равномерно расширяется во всех направлениях – не объясняет процесса ее рождения на первом этапе ($t \leq 10^{-4}$ с), названном «сингулярность». Не объясняет она состояния до ее рождения и ряда других эффектов и явлений, имеющих во Вселенной, которые признаны парадоксальными.

Расширение Вселенной впервые было теоретически обосновано в рамках специальной теории относительности и было доказано математически в 20-е годы XX века Фридманом, а затем экспериментально подтверждено Хабблом, на базе эффекта Доплера – удлинения волн света, вызванного разлетом большинства видимых звездных систем. Расширяющаяся шаровая модель неизбежно ведет к выводу, что вначале она была меньшей, чем сейчас, а т.к. предельно возможной величиной уменьшения шара является точка, то ее исходное состояние должно быть связано с точечным. Однако все известные шаровые модели Вселенной не объясняют, что же было до этой точки, и как она возникла из некоей до сих пор еще неясной первоначальной субстанции – сингулярности [1]. Кроме того, модель вынуждает поместить начальную точку в центре шара, что в рамках закона сохранения энергии усложняет возможность появления в ней новых энергий и масс и исключает реальность их подвода от каких-либо внешних источников. Поэтому энергию и массу Вселенной считают постоянной, образовавшейся в полном объеме в первый же миг ее рождения. Следует учесть, что исходя из бесконечности Вселенной, величина энергии и массы также должны быть бесконечно большими, что существенно затрудняет понимание процессов их происхождения и моделирование первых мгновений ее жизни, а также усложняет объяснение возможности их появления из неясного и условного сингулярного состояния, предваряющего его появление.

Поэтому естественным было желание ученых избавиться от сингулярности, однако Хокингом и Галливеллом [2] она была заменена на еще более неясный «инфляционный период», при котором Вселенная начинает расширяться с очень малого радиуса $\{l_p\}$, увеличивающегося в геометрической прогрессии с огромным коэффициентом $\{(10^2)^{n-6}\}$ за крошечную долю секунды $\{t_p = 10^{-36}\}$ с. Хокинг [2, стр. 38] пишет об этом так: «Инфляция была хороша тем, что произвела Вселенную, гладкую и однообразную в большом объеме, которая, чтобы избежать повторного коллапса, расширялась с критической скоростью. Она произвела все содержимое Вселенной буквально из ничего. Откуда же взялись энергия на создание этой материи? Ответ таков: она была позаимствована из гравитационной энергии Вселенной. Вселенная взяла в долг огромное количество

отрицательной гравитационной энергии, которая точно уравновесила положительную энергию материи. Во время инфляции $\{10^{-36}\text{с}\}$ Вселенная делала огромные долги у гравитационной энергии, чтобы создать новую материю. И этот долг гравитационной энергии не будет погашен до скончания Вселенной».

Такой подход также фантастичен, как и сингулярность, а достоинством ее замены можно считать лишь сокращение необъяснимого времени жизни Вселенной с 10^4 до 10^{-36} с. Недостаток этой замены – попытка ответа на сложные вопросы и проблемы за счет рождения новых, не менее сложных вопросов и проблем. В частности – отрицательной гравитационной энергии, введение которой подобно вводу Эйнштейном силы отталкивания для объяснения нестягивания стационарной модели Вселенной, от которой легко удалось затем отказаться при переходе к расширяющейся модели. Кроме того неясно, откуда взялась отрицательная гравитационная энергия, ведь она неразрывно связана с массой, которая также должна быть отрицательной, и как ее можно взять в долг – никакие известные реальные физические законы не дают ответ на эти гипотезы.

Еще более фантастичной является модель Хокинга-Хартли с мнимым временем, в котором Вселенная не возникла и не исчезнет – она просто есть [2]. Подобная модель также не объяснена реальными законами – кроме гипотез, предложенных ее авторами. Однако их ценность – как некоего варианта решения, жизнеспособность которого будет подтверждена или опровергнута со временем. Опыт развития науки, полученный на примере «мирового Эфира», показывает, что все нереальное – будет отброшено. Однако на современном этапе фантастичность идей Хокинга принесла ему мировую научную славу, а на фоне драмы с его здоровьем в стиле основных легенд Голливуда – она стала кинематографической легендой.

Учитывая неясность и фантастичность идей Хокинга, целью данной работы является их сравнение с новой моделью Вселенной, предложенной в работе [3]. Научную новизну выполняемой работы составляет обоснование новой предлагаемой модели Вселенной на базе известных реальных законов материального мира.

Исходные положения для достижения поставленной цели. Первым исходным положением в данной работе принята найденная в работе [3] возможность определения величины средней массы Вселенной на базе закона Всемирного тяготения (1) и вытекающей из него 1-й космической скорости v (2) для космического объекта, которым является Вселенная, что является 1-й рабочей гипотезой, выдвинутой в данной работе:

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} (H), \quad (1)$$

где m_1, m_2 – массы двух взаимодействующих точечных объектов, (кг), r – расстояние между взаимодействующими объектами, m, G – гравитационная постоянная:

$$G = 6,6739 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right), \quad (2)$$

где M – масса покидаемого объекта, кг, R – радиус круговой орбиты покидаемого объекта, м.

Исходя из зависимости (2), зная скорость v выхода на орбиту объекта и ее радиус R , по зависимости (3) можно определить массу M этого объекта:

$$M = \frac{v^2 R}{G} (\text{кг}). \quad (3)$$

Обоснование аналитического метода определения массы Вселенной. Поскольку Вселенная расширяется со скоростью разлета составляющих ее фотонов и полевых структур, равной скорости света в вакууме: $c = 0,299792458 \cdot 10^9$ (м/с), поэтому оказаться на ее орбите можно при достижении этой скорости, а при ее среднем возрасте, найденном из результатов астрономических наблюдений $T_B = 10$ млрд. лет или $3,2 \cdot 10^{17}$ (с), получим ее

радиус $R_B = cT_B$. Тогда средняя масса Вселенной M_B составит величину:

$$M_B = \frac{c^2 R_B}{G} = \frac{c^3 T_B}{G} = \frac{(0,299792458 \cdot 10^9)^3 \times 3,2 \cdot 10^{17}}{6,6739 \cdot 10^{-11}} = 1,2919 \cdot 10^{53} (\text{кг}). \quad (4)$$

Эта величина (4) хорошо согласуется с результатами астрономических наблюдений с учетом «Темной массы» Вселенной, что подтверждает достоверность 1-й рабочей гипотезы и полученного результата.

Разработка новой модели Вселенной. Анализ зависимости (4) показал, что она получена на основе достоверных физических законов и не противоречит современному уровню астрофизики. Однако из нее вытекает, что масса Вселенной, а в рамках закона $E = mc^2$ и ее энергия, не являются постоянными величинами, а растут с ее возрастом T_B . В этом случае строго опровергаются, как модель Большого взрыва, так и инфляционная модель Хокинга, основанные на постоянстве массы и энергии, но возникает проблема объяснения источника их появления, поскольку в рамках шаровой модели расширения Вселенной от центральной точки – это в принципе невозможно (иначе надо признать нахождение в центре Вселенной Творца или Бога, создающего энергию и массу из ничего, что противоречит современным научным положениям).

Преодолеть указанное противоречие в работе [3] предложено за счет перехода от закрытой шаровой модели Вселенной – к открытой конической, с вершиной – белой дырой, как точкой перехода от состояния исходной субстанции, рождающей Вселенную, к самой материальной Вселенной. При этом необходимо выяснить, что же собой представляет такая субстанция, которая определена нами, как «Ничто». Поскольку оно предвещает появление материальной Вселенной, как качественно иного по отношению ему образования, поэтому, в рамках законов диалектики, Ничто можно считать ее отрицанием и тогда его, в принципе, нельзя считать каким-нибудь материальным образованием.

Таким образом, вначале следует определить предельное состояние материи в общем виде, после которого ее существование будет уже в принципе невозможным.

Анализ известных материальных состояний показал, что наиболее близким к такому предельному состоянию является вакуум, для которого характерно отсутствие вещества. Учитывая, что для материи характерно 2 состояния – вещество и поле, поэтому вакуум – все еще материален, о чем свидетельствует наличие в нем реальных физических полей, ведущих к образованию виртуальных элементарных частиц. Следовательно, вакуум не является самым предельным состоянием материи, однако достижение предельного состояния будет принципиально возможным в случае удаления из вакуума второй компоненты материи – физических полей, хотя и в этом состоянии останется пространство (П), занимаемое вакуумом, и время (В), необходимое для его прохождения с какой-либо скоростью. И пока имеются П и В, существует и сама материя. Следовательно, самым предельным признаком существования материи является наличие пространства и времени (П – В), и лишь при отсутствии хотя бы одного из этих признаков (П = 0 или В = 0), или их обоих вместе (0 – 0), возникнет новое состояние, которое можно считать доматериальным. В нем нет ничего, хотя само оно состоит из бесконечного количества таких нулевых точек, в которых нет ничего (т.е. все их характеристики и отличительные признаки = 0). При этом можно выделить 3 (три) рода нематериальных состояний Ничто:

1. Ничто 1-го рода: П – 0 (есть пространство П, но нет времени В),
2. Ничто 2-го рода: 0 – В (нет пространства П, но есть время В),
3. Ничто 3-го рода: 0 – 0 (нет пространства П и нет времени В).

Такой подход к объяснению доматериального состояния субстанции является 2-й рабочей гипотезой данной работы. Поскольку каждая точка такого пространства ничем не будет отличаться от соседних, то оно будет однородным и недифференцированным, а время в нем фактически остановится, поскольку основным признаком течения времени является изменение параметров. Переход от одноточечной системы, в которую сводилась Вселенная до своего появления в шаровой модели [1], к бесконечной многоточечной системе с нулевыми параметрами исходных точек, составляющих собой бесконечное пространство П, является главной отличительной особенностью предлагаемой модели.

Вторым ее важным достоинством, повышающим жизнеспособность по сравнению с неясной энергетической сингулярностью или инфляционным периодом, является простота объяснения состояния до рождения Вселенной, как пустого бесконечного пространства, в котором нет энергии и других параметров. Третьим ее достоинством является простое объяснение того, что же было до пустого пространства, поскольку пустоте не надо появляться из чего-либо, как, например, материи Вселенной, пустота всегда была, и будет существовать до тех пор, пока вся не превратится в рожденную нею Вселенную. Но тогда, в рамках бесконечности пустоты и бесконечного расширения Вселенной, она так сильно разрежится, что сама станет пустотой, и сможет обеспечить важное космологическое условие жизни Вселенной – повторяемость цикла. Кроме того, для появления пустоты не нужна энергия, что делает возможным бесконечное ее существование, как во времени, так и в пространстве.

Таким образом, простота и непротиворечивость исходных и конечных состояний Ничто и их перехода в исходное состояние реальной Вселенной – является логическим доказательством 2-й рабочей гипотезы данной работы. Остается определить сам процесс рождения Вселенной, вначале как 3-ю рабочую гипотезу данной работы.

Исходным является положение, что в бесконечно большом (∞) пустом однородном недифференцированном безвременном пространстве Ничто 1-го рода ($\Pi - 0$), плотно заполненном бесконечно большим количеством точек с нулевыми параметрами Ничто 3-го рода ($0 - 0$), существует бесконечно малая ($1/\infty$) вероятность появления изменений, например – нарушения симметрии (HC). По теории множеств, при бесконечно долгом существовании Ничто ($\infty \uparrow$), такая вероятность хотя бы 1 раз реализуется (5), и вместо выпуклой точки $0 - 0$ в однородном пространстве Ничто ($\Pi - 0$) возникает вогнутая точка, т.е. «дыра», которая для Вселенной – белая, а для Ничто – черная:

$$HC = \infty \cdot \infty \uparrow \frac{1}{\infty} \rightarrow 1. \quad (5)$$

Через эту дыру формируются минимальные кванты пространства Вселенной [9], имеющие Планковские параметры длины l_p , времени t_p и массы m_p :

$$l_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 4,05124943 \cdot 10^{-35} (м), \quad (6)$$

$$t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = 13,5135135 \cdot 10^{-44} (с), \quad (7)$$

$$m_p = \sqrt{\frac{hc}{G}} = 5,45564754 \cdot 10^{-8} (кг). \quad (8)$$

где c – скорость света в вакууме, $c = 0,299792458 \cdot 10^9$ (м/с), (9)

h – постоянная Планка: $h = 6,626069 | 61 | \cdot 10^{-34}$ (Джс · с). (10)

При прокачке через такую дыру-фильтр куба пространства со стороны, численно равной скорости c света в вакууме за Планковское время (7), формируется максимально возможный во Вселенной квант энергии (11), имеющий материальные характеристики h, c, G :

$$E_p = c^3 \sqrt{\frac{h}{cG}} = \left[0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right) \right]^3 \times \sqrt{\frac{6,626069 | 61 | \cdot 10^{-34} (Джс \cdot с)}{0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right) \times 6, | 6739 | \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2} \right)}} = 4,903291516 \cdot 10^9 (Дж) \quad (11)$$

Этой энергии достаточно, чтобы в рамках закона $E = mc^2$, за время жизни Вселенной $T_B = 3,2 \cdot 10^{17}$ с, сформировать ее массу M_B (12), которая численно равна массе (4):

$$M_B = \frac{E_p T_B}{t_p c^2} = \frac{4,903291516 \cdot 10^9 (Дж) \times 3,2 \cdot 10^{17} (с)}{13,5 | 135 | \cdot 10^{-44} (с) \times \left[0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right) \right]^2} = 1,2918973 \cdot 10^{53} (кг). \quad (12)$$

Таким образом, на базе строгих зависимостей (1 – 12) подтверждается достоверность всех выдвинутых рабочих гипотез и предлагаемой конической модели Вселенной, первые точки которой показаны на рис. 1:

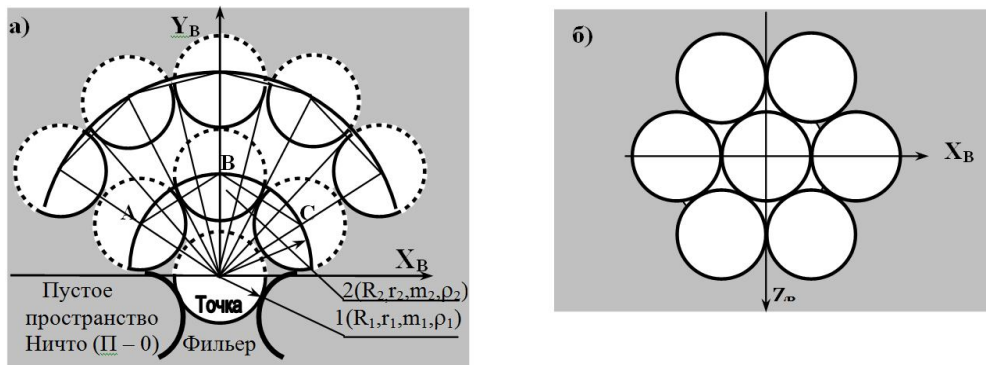


Рисунок 1 – Упрощенная схема формирования первых квантовых точек предлагаемой конической модели Вселенной открытого типа в системе координат $X_B Y_B Z_B$ пространства и времени

В процессе образования материи Вселенной за счет сжатия пустого пространства ($\Pi - 0$) в точке-фильере преобразований ($0 - B$), выходящая из нее энергия формируется в виде конуса с направленным распространением 1-го, 2-го и последующих фронтов полей и волновых излучений радиусом R_1 , R_2 , представляющих собой сферические слои Планковской толщины и квантовые точки радиусом r_1 , r_2 , массой m_1 , m_2 и плотностью ρ_1 , ρ_2 .

Выводы

1. На базе исходных характеристик процесса расширения Вселенной строго доказано, что 1-я космическая скорость для Вселенной равна скорости c света в вакууме.
2. На базе исходных характеристик процесса расширения Вселенной строго доказана возможность аналитического определения ее средней массы по зависимости (4), которая постоянно растет прямопропорционально возрасту Вселенной T_B .
3. На базе строго доказанного роста средней массы Вселенной, все модели ее рождения и развития, основанные на постоянстве массы и энергии, созданной в первый миг ее рождения, являются несостоятельными.
4. На базе строго доказанных зависимостей (4...12) более предпочтительной является коническая модель Вселенной открытого типа, связанная черной дырой – вершиной конуса с доматериальным пустым пространством $\Pi - 0$, при прокачке куба которого со стороны, численно равной скорости света в вакууме c через эту дыру за Планковское время (7), формируется энергия (11), достаточная для создания всей массы Вселенной (12).
5. На базе строго доказанных зависимостей (4...12) можно сделать вывод, что для рождения Вселенной достаточно пустого пространства не имеющего энергии и массы, что позволяет объяснить исходные состояния этого процесса простым и ясным путем, который не противоречит известным физическим законам и исключает неопределенные параметры сингулярности или инфляционной массы.
6. Совокупность приведенных данных подтверждает целесообразность использования предлагаемой конической модели рождения Вселенной открытого энергетического типа для дальнейшего изучения и развития в других исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силк Дж. Большой взрыв : Пер. с англ. /Под ред. И.Д. Новикова – М. : Мир, 1982. – 391 с.
2. Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные: Пер. с англ. А.С.Кононова – С-Пб. : Амфора, 2004. – 66 с.
3. Настасенко В.А. Новая модель Вселенной и ее происхождения. Изд. 2-е перераб. и доп. –Херсон: ООО «Айлант». 2008. – 32 с. © Свідоцтво UA № 45811 від 27.09.2012.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРАНОВОГО СУДНА БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ С ПОЛНОПОВОРОТНЫМ ВЕРХНИМ СТРОЕНИЕМ

Несин Д.Ю.

Центральное конструкторское бюро «Коралл» (Украина, г. Севастополь)

Терлыч С.В.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова,
Херсонский филиал (Украина)

Введение и анализ исходных данных. Наиболее характерной особенностью процесса проектирования судов является поиск компромиссных решений, обеспечивающих достижение наивысшей эффективности судна и выполнение многочисленных и противоречивых требований к его качествам. Это является главным принципом системной оптимизации судов, при этом оптимизация есть неперемное условие разработки проекта любого судна, задачи оптимизации решаются на всех стадиях и уровнях его проектирования [1].

Теория проектирования рассматривает выбор проектных решений на уровне судна в целом. Основным в теории проектирования судов является вариантный метод оптимизации. В основу вариантного метода положен выбор наилучшего варианта судна из ряда заранее рассчитанных вариантов с систематически меняющимися элементами. Подобные ряды дают возможность построить графические зависимости величин, характеризующие различные качества судна и его эффективность, от оптимизируемых элементов. Полная реализация принципов системного подхода к проектированию, требующих подчинения проектирования всех подсистем и технических средств единым требованиям оптимизации судна в целом, возможна только при одновременной оптимизации элементов судна и его подсистем в рамках единой задачи. Условимся набор элементов судна, определяемых в начальной стадии разработки проекта, называть вектором элементов $x = \{x_i\}$, $i \in I$, где I – множество элементов. Будем включать в него главные размерения, коэффициенты полноты, количество твердого и жидкого балласта и др. Аналогично введем вектор $x_k = \{x_{kj}\}$ – вектор переменных, характеризующих k -подсистему судна ($k \in K$, где K – множество подсистем, $j \in J_k$, множество переменных k -подсистемы). Назовем некоторые из подсистем: корпус, энергетическая и электро-энергетическая установки, гидродинамических комплекс, устройства, системы и др.

Если для количественной оценки эффективности проектируемого судна есть функция $f(x, x_k)$ а качества судна (плавучесть, вместимость, остойчивость и др.) и его подсистем и технических средств можно оценить с помощью функций $g_s(x, x_k)$ и $g_{sk}(x, x_k)$, соответственно, – задачу проектирования оптимального судна можно записать в следующем виде, определить x и x_k , при которых:

$$f(x, x_k) \rightarrow \min(\max) \quad (1)$$

$$g_s(x, x_k) \geq b_s, \quad \forall s \in S, \quad (2)$$

$$g_{sk}(x, x_k) \geq b_{sk}, \quad \forall s \in S_k, \quad k \in K, \quad (3)$$

$$x_{\max} \geq x \geq x_{\min}, \quad (4)$$

$$x_{k \max} \geq x_k \geq x_{k \min}, \quad \forall k \in K, \quad (5)$$

где b_s , b_{sk} – нормы и уровни допустимых значений тех или иных качеств;

S, S_k – множества требований к качествам судна и его подсистем.

Задачу (1-5) решают как единую нецелесообразно [1]. Практика проектирования судов, как и других сложных объектов, пришла к раздельному проектированию подсистем. Фактически решается задача определения x , обеспечивающего:

$$f(x) \rightarrow \min(\max) \quad (6)$$

$$g_s(x) \geq b_s, \quad \forall s \in S_1, \quad (7)$$

$$g_s(x) \geq b_s, \quad \forall s \in S_2, \quad (8)$$

$$x_{\max} \geq x \geq x_{\min}, \quad (9)$$

S_1, S_2 – подмножества ограничений, выполненных в виде строгих равенств и неравенств ($S_1 \cup S_2 = S$). Применительно к крановым судам (КС) обычно принимают [2,3]

$$s \in S_1 : \Delta - \sum_i P_i = 0 \quad (10)$$

$$s \in S_2 : M + M_Q - g\Delta h[\theta] = 0 \quad (11)$$

где Δ – полное водоизмещение кранового судна в рабочем положении; $\sum_i P_i$ – сумма весов статей нагрузки; M – расчетный кренящий момент [4]; M_Q – максимальный грузовой момент от груза на гаке главного подъема при работе крана [2, 4]; g – ускорение свободного падения; h – исправленная метацентрическая высота (с поправкой на свободные поверхности); $[\theta]$ – критическое значение угла крена [4].

С учетом того, что $\Delta = \rho C_B L B d$ условия (10, 11) можно переписать как

$$s \in S_1 : \gamma C_B L B d - \sum_i P_i = 0 \quad (12)$$

$$s \in S_2 : M + M_Q - \gamma C_B L B d h[\theta] = 0 \quad (13)$$

На ранних стадиях искомые $x = \{L, B, d, D, C_B\}$: γ – удельный вес морской воды; ρ – плотность морской воды C_B – коэффициент общей полноты соответствующий рабочему положению кранового судна; L, B, d, D – расчетные длина, ширина, осадка и высота корпуса судна, соответственно.

Заключение и перспективы дальнейших разработок. В статье представлена математическая модель кранового судна большой грузоподъемности с полноповоротным верхним строением, которая, как показала верификация, позволяет с хорошей степенью точности определить значения основных элементов судна, при наличии данных по прототипам, в случае когда нужно определить элементы судна отличающегося от прототипа проектными характеристиками, например, грузоподъемностью ВС. Для использования данной модели при системной оптимизации КС необходимо введение дополнительных ограничительных условий. Дальнейшие исследования авторов будут направлены на введение в качестве такого ограничительного условия требования к ограничению начальной метацентрической высоты, которая является одним из определяющих факторов остойчивости при обрыве груза [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин В. М. Оптимизация судов/ В. М. Пашин – Л.: Судостроение, 1983. – 296 с.
2. Воеводин, Н. Ф. Основы проектирования универсальных плавучих кранов / Н. Ф. Воеводин – М. : Издательство Министерства речного флота СССР, 1950. – 362 с.
3. Новиков, А. И. Режимы работы и годовая производительность плавучих кранов/ А. И. Новиков – Севастополь: Издательство СевНТУ, 2003. – 228 с.
4. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови суден. Том 2. – Київ.: Регістр судноплавства Україн, 2011. – 394 с.
5. Ногид Л. М. Проектирование морских судов / Л. М. Ногид – Л. : Судостроение, 1976. – 208 с.
6. Construction Vessels of the World incorporating Diving Support Vessels of the World – Led bury, England: OPL (Oilfield Publication Limited), 96/7 edition. – 548 p., ill.
7. Toisa Proteus: offshore support vessel with heavy-lift capability / M. J. Staunton-Lambert // The Royal Institution of Naval Architects. – 2002 – P. 123-124.
8. Sapura 3000: huge crane ship/pipelayer / T. Knaggs // The Royal Institution of Naval Architects. – 2007 – P. 98-99.
9. OSA Goliath: Latest Coastline Group addition / N. Savvides // The Royal Institution of Naval Architects. – 2009 – P. 88-89.
10. Oleg Strashnov: Latest Gusto design heavy-lift vessel / M. J. Staunton-Lambert // The Royal Institution of Naval Architects. – 2010. – P. 88-89.

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ РЕГИОНА

Райко Г.А., Чапчакчи В.Н.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. В быстроменяющихся условиях современной экономики способность обеспечить безопасность страны от воздействия внутренних и внешних угроз определяет уровень ее конкурентоспособности и динамику социально-экономического развития. Глобальные кризисные явления в производственной, продовольственной, энергетической, финансовой и иных сферах заставляют уделять особое внимание такому понятию, как экономическая безопасность.

Региональная безопасность имеет четко выраженную специфику. Это связано с совокупностью различных уникальных условий: географическим положением, климатом, степенью обеспеченности природными ресурсами, численностью населения, развитостью инфраструктуры и пр. Выявление и нейтрализация угроз и кризисных ситуаций на уровне региона может существенно снизить степень риска возникновения глобальных угроз национальной безопасности.

Постановка задачи. Экономическая безопасность региона характеризуется способностью экономики функционировать в режиме устойчивого развития для обеспечения достойных условий жизни населения, противостояния дестабилизирующему воздействию внутренних и внешних социально-экономических факторов.

Основной материал. Можно выделять такие составляющие экономической безопасности региона как: финансовая (как устойчивость финансово-бюджетной системы для обеспечения социально-экономического развития региона); производственная (характеризуемая наличием ресурсной базы и сложившейся специализации); социально-демографическая (отражающая развитие регионального рынка труда, уровни безработицы и социальной дифференциации общества, уровень бедности, культуры, доступности образования, медобслуживания, обеспечения жильем и другие); продовольственная (отражающая уровень обеспеченности качественными продуктами питания в регионе); экологическая (учитывающая уровень загрязнения окружающей среды и затраты на их ликвидацию).

Одной из первостепенных задач при изучении экономической безопасности региона является разработка такой системы показателей, которая объективно и своевременно отражала бы кризисные явления в экономике. Это является сложной методической проблемой, для решения которой необходимо провести классификацию существующих показателей экономической безопасности. Можно предложить следующую классификацию показателей экономической безопасности (рис. 1).

Ниже рассмотрим содержание наиболее важных моделей. Модель группировки регионов используется для разбивки исходной совокупности регионов на три группы: благополучную, предкризисную, кризисную, в зависимости от степени проявления в регионе угроз экономической безопасности. В качестве метода группировки используется итеративный метод - средних. Группировка проводится последовательно за девятью угрозами, для каждой из которых формируется матрица выходных данных вида:

$$X^s = \{x_{ij}^s\}_{n \times q} \quad (1)$$

где x_{ij} – значение j -го показателя, который описывает состояние i -го региона и относится к s -й угрозе $s = [1, p]$; p – общее число угроз; q – общее число показателей, которые описывают p -ю угрозу; n – число регионов.

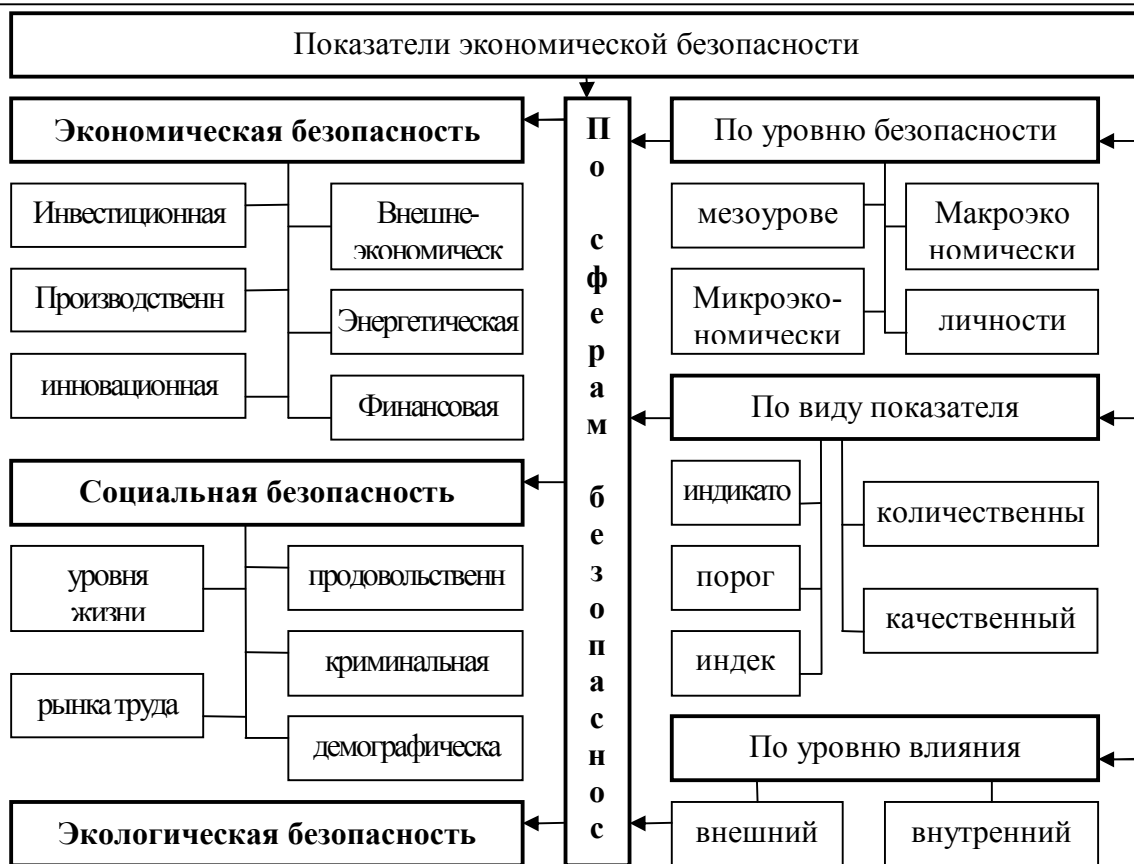


Рисунок 1 – Классификация показателей экономической безопасности

Использование модели позволяет определить удельный вес регионов каждой группы в общей совокупности регионов Украины, а также проанализировать состояние каждого отдельного региона с точки зрения степени проявления в нем каждой угрозы.

Модель классификации угроз экономической безопасности региона, которая обеспечивает повышение качества и точности диагностики угроз, предусматривает, что на основе качественного анализа сформированы три подмножества показателей, которые характеризуют экономическую безопасность региона в сферах воссоздания материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Именно в рамках каждой из отмеченных сфер должны быть классифицированы конкретные угрозы. Для этого предлагается перейти от начальной системы показателей $X^s_1, X^s_2, \dots, X^s_r$, где r – число показателей, которые характеризуют s -ю сферу, $s=[1,3]$, к системе главных компонент $F^s_1, F^s_2, \dots, F^s_p$, какие являются линейными ортогональными комбинациями исходных показателей:

$$F^s = A^s * X^s, A^s_i * A^s_i{}^T = 1, A^s_i * A^s_j{}^T = 0, i \neq j \quad (2)$$

Это позволяет определить перечень социально-экономических показателей, которые характеризуют каждую угрозу, и определить удельный вес каждого из исходных показателей в формировании угрозы на основе анализа факторных нагрузок.

При разработке модели оценки угроз предусматривается, что каждая s -та угроза U^s характеризуется набором исходных социально-экономических показателей $X^s_1, X^s_2, \dots, X^s_q$, где q – число показателей, которые описывают s -ю угрозу. Число q для каждой угрозы может быть достаточно большим, потому возникает задача уменьшения размерности информационного пространства показателей, которые описывают каждую угрозу.

Общий вид модели оценки угроз:

$$U^s = f_s(x^s_1, x^s_2, \dots, x^s_q) \quad (3)$$

где U^s – результирующий показатель уровня s -й угрозы, которая может быть получена несколькими средствами.

Во-первых, для каждой s-й угрозы из исходной совокупности показателей $X1^s, X2^s, \dots, Xq^s$ выбирается показатель-репрезентант. В этом случае

$$U^s = x_k^{st}, k = [1, q] \quad (4)$$

При этом каждый показатель исходной совокупности рассматривается как точка в T-мерном пространстве, где t – число периодов развития региона.

В качестве критерия отбора оптимальной точки Xk^{st} анализируются расстояния между точками $X1^s, X2^s, \dots, Xq^s$.

Во-вторых, показатель U^s являет собой искусственно сконструированную величину. В этом случае вид функции f^s определяется в результате анализа расстояний между точками $X1^s, X2^s, \dots, Xk-1^s, Xk+1^s, \dots, Xq^s$ и точкой-эталонном.

Общий вид модели оценки совокупного уровня экономической безопасности:

$$M = f(x^{t1}, x^{t2}, \dots, x^{tp}) \quad (5)$$

где $Xr^s = (x1^{rs}, x2^{rs}, \dots, xr^{rs})$ – вектор-столбик, что характеризует показатель-репрезентант s-й угрозы, $s = [1, p]$; T – общее число периодов развития региона; p – количество угроз, которые учитываются в исследовании.

Вид функции f определяются в результате анализа расстояний между точками-периодами развития региона $X^rt = (xt^{r1}, xt^{r2}, \dots, xt^{rp})$, $t=[1, T]$ и точкой-эталонном P_v :

$$P_v = (p_v^1, p_v^2, \dots, p_v^p), p_v^s = \max x_t^{rs}, s = [1, p], \quad (6)$$

$$d_t = \left[\sum_{s=1}^p (x_t^{rs} - p_v^s)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

где d_t – расстояние между t-ю точкой и точкой-эталонном.

В итоге получаем вектор значений показателя экономической безопасности

$$M = (M_1, M_2, \dots, M_t) \quad (8)$$

$$M_t = 1 - \frac{d_t}{c_0} \quad (9)$$

$$c_0 = \bar{d} + 2S_d, \bar{d} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_t, S_d = \left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (d_t - \bar{d})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

где M_t – значение уровня ЭБР для t-го периода развития региона.

Таким образом, полученный показатель уровня экономической безопасности M позволяет достичь уменьшения размерности исходной системы показателей без существенной потери информации, а также упорядочить исследуемую совокупность периодов развития региона за уровнем его экономической безопасности.

Выводы. Необратимость экономических процессов, происходящих в Украине, направленных на создание современного, сильного государства, находятся в тесной зависимости с развитием регионов, и, следовательно, их экономической безопасностью.

В связи с тем, что основным барьером на пути возникновения кризисных ситуаций в социально-экономических отношениях региона должна стать скоординированная деятельность органов власти, возникает необходимость в определении инструмента реализации ими своих функций и полномочий по обеспечению безопасности. Таким инструментом должна стать региональная целевая программа по обеспечению экономической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мунтян В. І. Економічна безпека України. – К., 1999. – 462 с.
2. Пастернак-Таранущенко Г. Результаты исследования путей обеспечения экономической безопасности Украины // Экономика Украины. – 1999. – №2. – С.21–28.
3. Запоточный И.В., Захарченко В.И. Государственное регулирование региональной экономики. – Харьков -Львов-Одесса : ТОВ «Одиссей», 2003. – 592 с.
4. Лысенко Ю. Г., Мищенко С.Г., Руденский Р.А., Спиридонов А.А. Механизмы управления экономической безопасностью. – Донецк : ДонНУ, 2002. – 178 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКИ

Редчиц Д.А., Полевой О.Б.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение. На сегодняшний день вычислительная гидродинамика (CFD – Computational Fluid Dynamics) является одной из составляющих процесса проектирования во многих отраслях промышленности, что обусловлено меньшей стоимостью численных экспериментов по сравнению с натурными. Основная задача CFD – воспроизведение реальных физических процессов с максимальной степенью достоверности без априорных предположений о структуре течения. За счет этого удастся глубже понять происходящие процессы, выработать рекомендации по аэродинамическим формам проектируемого устройства близким к оптимальным. Подобные расчеты позволяют получить подробные характеристики устройства задолго до его изготовления и внедрения, существенно сокращая затраты на дорогостоящие продувки в аэродинамических трубах, которые присутствуют при стандартных методах проектирования.

Сопряженные задачи представляют собой наиболее сложный уровень математического моделирования вычислительной аэродинамики. Кроме механики жидкости и газа здесь необходимо учитывать динамику твердого тела, многофазных сред, электродинамику, химическую кинетику и т.д. Вместе с тем, именно сопряженные задачи являются наиболее востребованными в промышленности.

Расширение понятия математической модели для сопряженных задач.

В классическом понимании математическая модель – это совокупность исходных уравнений, дополненная физическими и математическими граничными условиями. Для сопряженных задач такие системы представляют собой «верхушку айсберга», поскольку здесь существует ряд дополнительных проблем, связанных с совместной численной реализацией уравнений, описываемых разнородные физические процессы.

Для создания математической модели сопряженной задачи недостаточно просто выписать дифференциальные уравнения, описывающие конкретные физические процессы. Как правило, единая система, описывающая разнородные физико-химические процессы сталкивается с проблемой рассогласования по характерным временам и скоростям, разнородностью протекания физических процессов (диффузия, адвекция, кросс слагаемые в источниковых членах) и их математическим описанием.

Одной из главных проблем является различие масштабов по времени протекания нелинейных физических процессов. Так слишком мелкий шаг интегрирования снижает общую работоспособность на 2-3 порядка. Процессы, приводящие к мелким шагам по времени (например, зарождение стримера) зачастую бывают локальными, т.е. происходят не во все время цикла, а в сравнительно небольшой период цикла. Процессы, соответствующие более крупным шагам по времени фактически не развиваются и процессорное время тратится не рационально. Для обеспечения работоспособности соответствующего программного обеспечения необходимо предпринять дополнительные меры математического характера.

В этой связи имеет смысл расширить понятие концепции математической модели до численно-аналитической. Аналитическая часть представляет собой систему исходных уравнений, граничные условия, оценку адекватности описываемых физических процессов. Численная сторона математической модели связана в первую очередь с обеспечением работоспособности специализированного пакета программ. Речь идет не столько о хорошо известных численных алгоритмах решения отдельных уравнений или систем уравнений, а о тех дополнительных мерах, обеспечивающих взаимную работоспособность различных аспектов общей математической модели. Такие дополнительные меры численного

(алгоритмического) характера представляют собой необходимые условия работоспособности конкретного программного продукта и являются неотъемлемой частью разработанной численно-аналитической модели.

Специализированный пакет вычислительной аэродинамики. Авторы настоящего доклада накопили большой опыт разработки и применения методов вычислительной гидродинамики для ветроэнергетики, высокоскоростного наземного транспорта, сверхзвуковых летательных аппаратов, турбиностроения, управлением отрыва потока с помощью плазменных актуаторов, теплообмена во внутренних и внешних течениях. К сожалению, реальные расчеты ограничены двумерными (плоскими и осесимметричными) течениями, а также отдельными вариантами трехмерных течений. Мощности персональных компьютеров или небольших кластеров не позволяют проводить исследования обтекания тел сложной конфигурации (полные компоновки самолетов, наземного транспорта), применять современные методы моделирования турбулентности (крупномасштабная турбулентность, прямое численное моделирование).

Для решения сопряженных задач вычислительной аэродинамики авторами разработан специализированный CFD пакет, в котором достигнут компромисс между требуемыми вычислительными ресурсами и качеством получаемых результатов. С одной стороны, реализован полный подход вычислительной гидродинамики на основе уравнений Навье-Стокса, включая несколько дифференциальных моделей турбулентности, а также многоблочный подход для описания течений в многосвязных областях. Разработанный CFD пакет позволяет решать сопряженные задачи динамики и аэродинамики, включающие электродинамические процессы, электрохимию, многофазные среды, процессы горения, плазменную кинетику. Полученные результаты позволили сформулировать новые технические идеи, получить новые представления о физике отрыва потока и способами его управления, воспроизвести реальную структуру течения в широком диапазоне скоростей от несжимаемых течений до сверхзвуковых.

Тестирование пакета программ на традиционных задачах вычислительной аэродинамики. Физическая достоверность полученного численного результата является основным критерием CFD пакета, что обеспечивается проведением верификационных тестов в широком диапазоне чисел Маха, Рейнольдса, геометрии обтекаемых тел и других определяющих параметров.

Для сверхзвуковых течений рассматривались двухмерные и трехмерные конфигурации, приводящие к взаимодействию ударных волн с турбулентным пограничным слоем [1,2].

Тестирование пакета в рамках трансзвукового диапазона скоростей выполнено для аэродинамических профилей NACA 0012, RAE 2822, BGK No.1, включая режимы автоколебаний для одного и двух скачков уплотнения [3].

Несжимаемые и слабо сжимаемые течения моделировались в рамках задач как внешней, так и внутренней аэродинамики.

Решение сопряженных задач вычислительной аэродинамики.

Многоэлементный профиль. В конструкциях современных самолетов используются многоэлементные профили, предназначенные главным образом, для увеличения коэффициента подъемной силы на режиме взлет-посадка. В настоящей работе проведено математическое моделирование турбулентного обтекания подвижного трехэлементного профиля 30P30N, состоящего из предкрылка, основного профиля и закрылка [4].

В целом обтекание трехэлементного профиля характеризуется сложными физическими процессами. К ним относится вязко-невязкое взаимодействие потоков, сходящих с внешней поверхности предкрылка и проходящих в зазор между предкрылком и передней кромкой основного профиля. Кроме того, еще более сложная структура течения возникает при раскрытии многоэлементного профиля, что связано с нарастанием потока воздуха на внешней поверхности закрылка. Полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися физическими представлениями об эффекте Коанда, когда

струи, набегающая на криволинейную поверхность, отсасывает воздух с этой поверхности и создает разрежение, прижимающие струю к поверхности профиля.

Вертикально-осевые ветроэнергетические установки. В настоящее время основу ветроэнергетики составляют горизонтально-осевые ветроэнергетические установки (ГО ВЭУ), которые для природно-климатических условий Украины являются малоэффективными. Экономически конкурентоспособными по сравнению с ГО ВЭУ могут быть вертикально-осевые (ВО) ВЭУ с роторами Дарье и Савониуса.

При обтекании ВО ВЭУ, состоящей из щелевого двухлопастного ротора Савониуса и двухлопастного ротора Дарье необходимо решать связанную задачу аэродинамики и динамики вращения лопастей [5].

Здесь возникает сложная картина течения, характеризующаяся одновременным наличием нескольких макровихрей в следе, их взаимодействием с лопастями в подветренной части траектории, резким разворотом и ускорением течения, отрывом потока с острых кромок.

Отличительной особенностью работы данной ВО ВЭУ является отсутствие динамического срыва вихрей на подветренном участке траектории лопасти ротора Дарье. Как показали расчеты, негативным моментом является наличие ротора Савониуса в центральной части ВО ВЭУ, что приводит к существенному затенению подветренного участка траектории лопасти ротора Дарье, а, следовательно, к снижению генерируемого крутящего момента.

Горение углеводородов. Рассмотрена задача о горении углеводородов (метан, пропан) при турбулентном дозвуковом течении в осесимметричном канале. Выделение летучих углеводородов и последующее их сгорание является частью энергетических процессов теплоэлектростанций. Приведена комплексная математическая модель, анализируются поля скоростей, давления, температуры. Выполнено сравнение с экспериментальными данными и расчетами других авторов.

Плазменные актуаторы. Перспективное направление в CFD – управление потоком на основе частичной ионизации воздуха, которую создают плазменные актуаторы (ПА). Электромагнитное поле меняет траекторию заряженных частиц, что позволяет получать нужную структуру течения.

Плазменный актуатор состоит из двух расположенных существенно асимметрично электродов, которые разделены диэлектриком. Один из электродов открытый и контактирует с воздухом, а другой – полностью погружен в диэлектрический материал. Высокое напряжение ионизирует воздух с образованием низкотемпературной плазмы. В результате возникает массовая сила Лоренца, которая воздействует на среду.

Для решения этой сопряженной задачи решались следующие уравнения: осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, дифференциальная модель турбулентности SALSA Спаларта-Аллмараса, уравнения Максвелла, уравнения динамики 14 частиц плазмы, уравнения Гельмгольца, уравнение Больцмана [6].

В качестве примера такой сопряженной задачи можно привести управление отрывом потока на круговом цилиндре с помощью четырех плазменных актуаторов. Турбулентное обтекание цилиндра характеризуется наличием в следе вихревой дорожки Кармана. Включение ПА приводит к подавлению вихревой дорожки Кармана, и обтекание цилиндра носит присоединенный характер. В результате происходит резкое снижение коэффициента лобового сопротивления цилиндра [7, 8].

Заключение. Разработка новых математических моделей решения сопряженных задач вычислительной аэродинамики является фундаментом создания наукоемких промышленных технологий. Здесь необходима координация деятельности отраслей промышленности, академии наук, министерства образования на самом высоком уровне. Неотъемлемыми компонентами являются цель предпринимаемых усилий, соответствующий организационный уровень, надлежащее финансирование, международное сотрудничество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полевой О. Б. Численное моделирование управления отрывом сверхзвукового трехмерного потока при обтекании стреловидных углов сжатия / О.Б. Полевой, А.А. Приходько // *Аэрогидродинамика: проблемы и перспективы*. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т». – 2006. – С. 101–119.
2. Polevoy O.B., Prikhodko A.A. Comparative numerical investigation of separation control with heat- and mass transfer for two- and three dimensional supersonic flows // *European Drag Reduction and Flow Control Meeting EDRFCM 2010, Book of Abstracts*. Kyiv, Ukraine, 2010, September 2-4. – P. 61-62.
3. Пилипенко А. А. Численное моделирование влияния числа Маха и угла атаки на режимы транзвукового турбулентного обтекания аэродинамических профилей / А. А. Пилипенко, О. Б. Полевой, А. А. Приходько // *Ученые записки ЦАГИ*. – 2012. – Т. 43. № 1. – С. 3-31.
4. Дзензерский В. А. Турбулентное обтекание многоэлементного профиля 30P30N в крейсерской и взлетно-посадочной конфигурации / В.А. Дзензерский, Н.М. Хачапуридзе, Д. А. Редчиц, С. В. Моисеенко // *Вісник Дніпропетровського ун-ту. Механіка*. – 2013. Т.21, № 5, Вип. 17, Т. 2. – С. 59-68.
5. Редчиц Д.А. Аэродинамика вертикально-осевой ветроэнергетической установки с роторами Дарье и Савониуса / Д. А. Редчиц, С. В. Тарасов // *Вестник Херсонского национального технического ун-та*. – 2012. Вып. 3(42). – С. 303–309.
6. Редчиц Д.А. Математическая модель диэлектрического барьерного разряда в воздухе/ Д.А. Редчиц // *Вестник Херсонского национального технического ун-та*. – 2014. Вып. 3(50). – С. 429–436.
7. Редчиц Д.А. Управление отрывом потока воздуха на цилиндре с помощью диэлектрического барьерного разряда / Д.А. Редчиц // *Вісник Харківського національного ун-ту*. – 2013. – №1063, Вип. 22. – С. 144-159.
8. Редчиц Д.А. Управление вихревой дорожкой Кармана с помощью плазменных актуаторов / Д.А. Редчиц, О. Б. Полевой, С.В. Моисеенко // *Вісник Дніпропетровського ун-ту. Механіка*. – 2013. Т.21, № 5, Вип. 17, Т. 1. – С. 63-80. Smith A. High-Lift Aerodynamics / A. Smith// *AIAA J. of Aircraft* –1975.–V.12, №2.–P.23-32.

УПРОЩЕННАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЗЕЛЯ

Рябенский В.М., Буряк В.С., Язид Аль Шайх

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Введение. Динамические свойства дизеля в литературе описываются на разных уровнях сложности – вплоть до систем 9-го порядка [1, 2, 6, 7], при этом авторами получены адекватные математические модели. Однако на практике выполнение расчётов такого уровня сложности не всегда оправдано, поскольку быстрые процессы, имеющие место сразу после включения дизеля, затухают и в дальнейшем не оказывают существенного влияния на медленные процессы, которые в большинстве случаев и являются объектом исследования. Кроме того, использование сложной модели не даёт возможности провести оперативную настройку регуляторов из-за большой длительности вычислительных процессов.

Постановка задачи. Задачей является получение упрощённой модели дизеля с адекватным поведением при моделировании в программном пакете MATLAB / Simulink.

Актуальность исследования заключается в том, что процесс моделирования базовой математической модели дизеля в программном пакете MATLAB / Simulink происходит в течение достаточно длительного времени и нуждается в ускорении. Создание упрощённой математической модели дизеля позволит существенно сократить время, затрачиваемое на процесс моделирования, без потери основных свойств базовой модели.

Результаты исследований. Упрощение базовой математической модели двигателя может быть достигнуто за счет следующих обстоятельств. Во-первых, как показали численные и экспериментальные исследования [6, 7], инерционность механических элементов существенно превышает инерционность ресиверов рабочего вещества, и это позволяет с некоторой погрешностью аппроксимировать систему дифференциальных уравнений восьмого порядка системой второго порядка, а дифференциальные уравнения заменить соответствующими статическими связями. Во-вторых, из системы статических уравнений можно исключить все промежуточные параметры, выразив их через параметры состояния; механических элементов и управляющий фактор. Такое исключение может быть выполнено приравниванием расходов через все элементы газового контура между собой, а также приравниванием температур газа в ресиверах температуры на выходе преобразующих элементов.

Динамическую модель дизеля удобно представить в виде, приведенном на рис. 1.

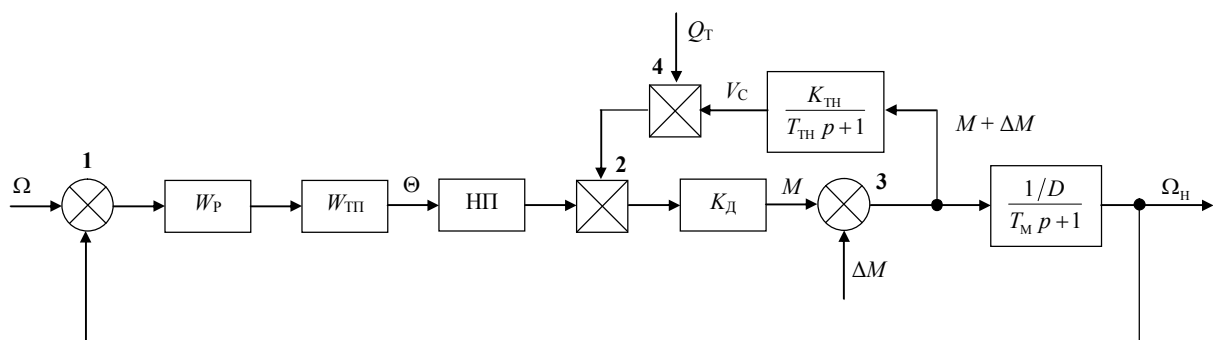


Рисунок 1 – Упрощённая динамическая модель дизеля

Собственно дизель представлен в виде двух звеньев: усилительное звено K_d , отображающее преобразования потока топливно-воздушной смеси (объема топливно-воздушной смеси в единицу времени) в момент на валу M , и инерционное звено первого порядка

$$\frac{1/D}{T_M p+1} = \frac{1/D}{\frac{T_{\dot{V}}}{D} p+1}, \quad (1)$$

которое устанавливает взаимосвязи между оборотами на валу двигателя и величиной момента. Параметр D – коэффициент, учитывающий саморегулирующие свойства первичного двигателя. По ряду литературных источников [1, 2, 7], значение этого коэффициента изменяется в интервале (0,4...1). Параметр $T_{\dot{V}}$ в формуле (1) – эквивалентная постоянная времени двигателя, учитывающая инерционность маховых масс собственно двигателя и ротора генератора. Изменение нагрузки на валу при внешних воздействиях учитывается приращением момента ΔM , который прикладывается через сумматор \mathcal{Z} к выходу безынерционного звена K_d .

Топливо-воздушная смесь q_0 , которая образуется путем смешивания воздушного потока с пылеобразным дизельным топливом, через турбоагнетатель и охладитель поступает на вход двигателя. Она характеризуется скоростью перемещения V_c и теплотворной способностью q . За цикл $T_{\dot{c}}$ двигатель потребляет объем топливо-воздушной смеси Q_c :

$$Q_c = V_c \cdot S \cdot T_{\dot{c}}, \quad (2)$$

где S – сечение трубопровода, по которому подается топливо-воздушная смесь.

Таким образом, за цикл работы к двигателю подводится энергия \dot{E}_c :

$$\dot{Y}_{\dot{n}} = Q_c \cdot q. \quad (3)$$

Энергия, отдаваемая двигателем в нагрузку \dot{E}_n , связана с подводимой энергией \dot{E}_c через коэффициент полезного действия η :

$$\dot{Y}_{\dot{n}} \eta = \dot{Y}_i. \quad (4)$$

С другой стороны,

$$\dot{E}_n = P \cdot T_{\dot{c}} = M \cdot \omega \cdot T_{\dot{c}}, \quad (5)$$

где M – момент на валу двигателя; ω – обороты вала двигателя.

Таким образом, из выражений (2) – (5) находим:

$$V_c \cdot S \cdot q \cdot \eta = M \cdot \omega, \quad (6)$$

или, учитывая, что нагрузкой двигателей являются синхронные генераторы, которые должны иметь стабильную частоту вращения ω_n , находим:

$$M = \frac{S \cdot q \cdot \eta}{\omega_i} V_c = K_a \cdot Q_{\dot{n}}, \quad (7)$$

где $K_a = \frac{q \cdot \eta}{\omega_i \cdot T_{\dot{c}}}$ – коэффициент преобразования двигателя.

Турбоагнетатель обычно представляется апериодическим звеном первого порядка

$$W_{\text{TH}} = \frac{k_{\text{TH}}}{T_{\text{TH}} p+1},$$

имеющее низкий коэффициент усиления, которое охватывает первое звено дизеля положительной обратной связью. Отбор мощности в виде крутящего момента осуществляется непосредственно после звена K_d . Постоянная времени T_{TH} определяется маховыми массами и скоростью вращения ротора турбоагнетателя. Коэффициент K_{TH} может быть определен экспериментально путем измерения разности давлений газовой смеси до и после турбоагнетателя. Он фактически определяет скорость воздушной смеси, которая, в свою очередь, определяется разностью давлений. Экспериментальные измерения на разных двигателях показали, что разность давлений возрастает линейно с ростом мощности, т. е. коэффициент K_{TH} можно принять постоянной величиной. Однако, учитывая, что при малых нагрузках воздух всасывается путём создания разрежения в цилиндрах, влияние турбоагнетателя для рассматриваемого двигателя проявляется, лишь начиная с мощности (0,5...0,6) P_H .

Топливо-воздушная смесь обычно подается на регулятор подачи топлива – топливо-воздушную заслонку, которая управляется либо маломощным двигателем постоянного тока, либо шаговым двигателем. Вся система топливоподачи на структурной схеме изображается аperiodическим звеном $W_{ТП}$, которое учитывает инерционные свойства двигателя, блоком перемножения и нелинейным преобразователем НП.

Объем подводимого газа определяется сечением трубопровода πR_T^2 (R_T – радиус трубопровода) с учётом угла воздушной заслонки θ относительно закрытого состояния, а также скоростью его течения (учитывается перемножителями 4 и 2):

$$Q_c = Q \cdot V_c \cdot [\pi R_0^2 (1 - \cos\theta)]. \quad (8)$$

Здесь Q – максимально возможный объем газозвушной смеси за цикл работы двигателя.

Таким образом, воздушная заслонка осуществляет нелинейное преобразование угла открывания в объем газозвушной смеси.

Линеаризуя уравнение (8) в окрестности рабочей точки, находим:

$$\Delta Q_c = \frac{\partial Q_c}{\partial Q} \Delta Q_{oc} + \frac{\partial Q_c}{\partial \theta} \Delta \theta, \quad (9)$$

где $\frac{\partial Q_c}{\partial Q} = \pi R_0^2 (1 - \cos\theta)$, $\frac{\partial Q_c}{\partial \theta} = Q_0 \cdot \pi R_T^2 \sin \theta$.

Рассмотрим более детально влияние контура положительной обратной связи, которую создаст турбоагнетатель. Замыкая этот контур, получаем эквивалентную передаточную функцию:

$$W_y = \frac{W_{\text{дв}}}{1 - W_{\text{дв}} \cdot W_{\text{ин}}} = \frac{K_a}{1 - K_a \cdot \frac{K_{\text{дв}} \cdot K \cdot \pi R_0^2 (1 - \cos\theta)}{T_{\text{дв}} p + 1}} = K_{K1} \cdot \frac{T_{\text{ТН}} p + 1}{\frac{T_{\text{ТН}}}{K_{\text{VAR}}} p + 1}, \quad (10)$$

где

$$K_{K1} = \frac{K_a}{1 - K_a \cdot K_{\text{дв}} \cdot K \cdot \pi R_0^2 (1 - \cos\theta)}; \quad K_{\text{VAR}} = 1 - K_a \cdot K_{\text{дв}} \cdot K \cdot \pi R_0^2 (1 - \cos\theta).$$

Как следует из формулы (10), турбоагнетатель в определённом частотном диапазоне представляет собой дифференцирующее (форсирующее) звено, в котором с изменением нагрузки ($\cos \theta$) меняется как коэффициент усиления, так и частотный диапазон форсировки $(T_{\text{ТН}})^{-1} \dots (K_{\text{VAR}} / T_{\text{ТН}})$.

Поскольку система стабилизации оборотов ГД Ω_n является статической, то регулятор в существующих системах обычно настраивается таким образом, чтобы при нагрузках, близких к номинальным ($M \approx (0,7 \dots 1) M_n$) статическая ошибка $\Delta \Omega$ не выходила за утверждённые стандартные пределы. Поэтому регулятор обеспечивает классическую желаемую ЛАЧХ.

Контурный коэффициент усиления:

$$K_E = \pi R_0^2 \sin \theta \cdot K_{K1} \cdot \frac{1}{D} K_{\text{дв}} \cdot K_{\text{ИЭА}} \cdot K_{\text{УД}},$$

где $K_{\text{УД}}$ – коэффициент усиления двигателя управления заслонкой совместно с самой заслонкой; $K_{\text{дат}}$ – коэффициент усиления датчика оборотов; $K_{\text{ПИД}}$ – коэффициент усиления регулятора, помимо K_{K1} ; содержит два параметра, которые нелинейно изменяются с уменьшением нагрузки ($\sin \theta$ и $1/D$), в какой-то мере компенсируя друг друга.

Результатом анализа свойств дизеля стало составление динамической модели ГД, реализованной в системе Matlab / Simulink (рис. 2).

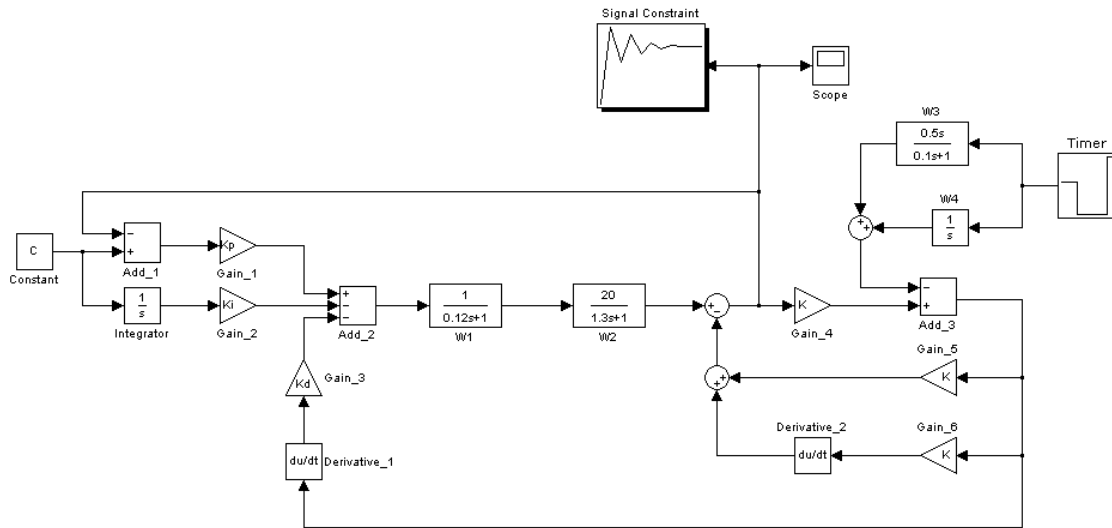


Рисунок 2 – Динамическая модель ГД, реализованная в Matlab / Simulink

Данная модель включает в себя собственно двигатель, систему подачи топлива, обратную связь по оборотам вала, обратную связь по мощности (турбонагнетатель), нагрузку на валу дизеля.

Датчик оборотов представлен апериодическим звеном, поскольку двоичный счетчик циклически выполняет интегрирующие свойства – подсчет количества импульсов на обороте вращения маховика. Постоянная времени такого звена определяется количеством импульсов за оборот и частотой вращения маховика. Это достаточно высокочастотное звено, и его влияние на динамику двигателя можно не учитывать. Количество топлива на входе дизеля регулируется при помощи дроссельной заслонки. Зависимость количества топлива на входе дизеля от угла наклона дроссельной заслонки является нелинейной зависимостью.

В целом модель, представленная на рис. 2, является стабилизирующей системой, так как основной её задачей является приведение частоты вращения вала к значению, указанному на входе системы управления [2, 5]. Вся система охвачена главной обратной связью, сигнал с выхода системы поступает на главный сумматор, где он вычитается из константы, указывающей на необходимую частоту вращения вала, и формирует сигнал ошибки, который и обрабатывает система управления.

Вывод. Анализ результатов моделирования показывает, что модель дизеля, изображенная на рис. 2, по своим свойствам сходна с прототипом и может быть использована при моделировании систем управления ДГА [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонович С. А. Динамические характеристики объектов регулирования судовых дизельных установок. – Л.: Судостроение, 1966. – 234 с.
2. Королев Н. И. Регулирование судовых дизелей. – М.: Транспорт, 1983. – 144 с.
3. Краснов В. В., Мещанинов П. А., Мещанинов А. П. Основы теории и расчета судовых электроэнергетических систем. – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.
4. Крутов В. И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. – М.: Машиностроение, 1978. – 471 с.
5. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1979. – 615 с.
6. Климанов О. Н. Разработка систем уравнений для нормализации расчетов переходных процессов в СЭС. // Труды ЦНИИСЭТ, 1970, вып. 1. – С. 3-9.
7. Ковалевский Е. С. Переходные процессы в дизель-генератора. – Л., 1977. – 166 с.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПАРАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Сагин С.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. В процессе работы судовых дизелей в их подшипниковых узлах (крейцкопфном, мотылевом, рамовом, а также в сопряжении поршень – втулка цилиндра) наблюдаются режимы жидкостного трения и трения при граничной смазке [1]. Как правило, эти режимы взаимосвязаны, и при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания происходит переход от одного режима трения (а, соответственно, и смазывания) на другой. Исключением могут считаться лишь установившиеся режимы работы подшипников скольжения мощных малооборотных дизелей, работы которых происходит на эффекте «масляного клина». Другие же трибосопряжения, и особенно пары поршень – втулка цилиндра и вал – вкладыш подшипников скольжения судовых среднеоборотных дизелей работают в режиме граничной смазки.

Актуальность исследований. Аналитическое описание явлений, происходящих при смазывании трибосопряжений судовых дизелей, в научных источниках описывается с различных позиций. При этом, в связи с периодическим изменением режимов трения и смазывания (переходом из жидкостного в граничное и обратно), предлагаемые зависимости не всегда достаточно правдоподобно описывают физику происходящих процессов.

Постановка задачи. Учитывая изложенное, задачей исследования было определение оптимальных аналитических выражений, позволяющих с достаточной точностью описать процессы смазывания, происходящие в трибосопряжениях судовых дизелей, в частности в парах поршень–втулка цилиндра, вал–вкладыш подшипника.

Результаты исследования. Трение при жидкостной смазке проявляется в достаточно толстой пленке смазывающего вещества, разделяющей контактирующие поверхности. В результате замеры внешнего трения при непосредственном контакте тел внутренним трением (вязкостью) разделяющего их слоя жидкости, уменьшаются сопротивление трения и скорость изнашивания поверхности. При жидкостном трении давление смазочного материала уравнивает внешнюю нагрузку, сила трения при жидкостной смазке не зависит от природы сопрягаемых поверхностей.

Ньютоновский закон переноса количества движения применительно к гидродинамическому трению двух коаксиальных цилиндров, разделенных слоем вязкой жидкости, был открыт Н. П. Петровым, создавшим основы гидродинамической теории смазки [2]. Согласно этому закону, сила трения F двух смазанных цилиндров пропорциональна коэффициенту внутреннего трения жидкости η , соответствующему данной температуре, пропорциональна величине поверхности S взаимного прикосновения трущихся твердых тел и пропорциональна первой степени относительной скорости u этих тел на их поверхностях прикосновения; она обратно пропорциональна сумме, состоящей из толщины слоя h смазывающей жидкости и из суммы отношений коэффициента внутреннего трения к коэффициентам внешнего трения $\mu_{ж}$ жидкости при данной температуре:

$$F = \eta \frac{Su}{h + \frac{\eta}{\mu_{ж}'} + \frac{\eta}{\mu_{ж}''}}.$$

Теория жидкостного трения следует из уравнений потока Навье-Стокса (уравнений, описывающих динамическое равновесие элемента жидкости)

$$\begin{aligned} \rho \frac{du}{dt} &= X - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \operatorname{div} w \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right], \\ \rho \frac{dv}{dt} &= Y - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \operatorname{div} w \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right], \\ \rho \frac{dw}{dt} &= Z - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \operatorname{div} w \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right], \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} &= 0, \end{aligned}$$

где w – вектор скорости с проекциями u , v , w на соответствующие оси координат x , y , z ; p – давление; ρ – плотность; μ – коэффициент вязкости; X , Y , Z – проекции вектора массовой силы K на координатные оси;

и уравнения сохранения массы, иначе называемого уравнением неразрывности потока

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0.$$

На основании этих уравнений Рейнольдс вывел уравнение (носящее теперь его имя), которое обычно применяется при рассмотрении практических случаев жидкостного трения, обеспечивающего масляный зазор в различных парах трения в различных условиях.

Его дифференциальное уравнение описывает движение трехмерного жидкостного слоя в следующих направлениях движения – линейное перемещение (ось X), толщина слоя (ось Y), ширина зоны контакта (ось Z) показывает:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6\mu \left((U_0 + 3U_1) \frac{\partial h}{\partial x} \right). \quad (1)$$

где: $h(x, z)$ – функция, определяющая величину зазора в данной точке; p – давление масла в зазоре; U_0 и U_1 – скорости движения поверхностей, ограничивающих зазор.

Существуют лишь приближенные решения, основанные на упрощающих допущениях для этого фундаментального уравнения. Оно предполагает ньютоновские характеристики текучести и ламинарное течение, несжимаемость и постоянную вязкость среды, а также малые силы инерции частиц жидкости во время ускорения в сужающемся зазоре. Согласно уравнению (1), эффективная вязкость жидкости и ее скорость в смазочном зазоре ответственны за образование несущей смазочной пленки. Толщина и динамическое давление смазочной пленки являются результирующими параметрами.

Жидкостная смазка является оптимальной для узла трения с точки зрения потерь энергии, долговечности и износостойкости. Однако, при тех жестких условиях, в которых эксплуатируются исследуемые элементы подшипниковых узлов, реализовать ее на всех режимах их работы не представляется возможным. Как уже было показано многими авторами [1, 3], изнашивание любых узлов трения обусловлено наличием в процессе их контактного взаимодействия граничного режима смазывания.

При трении в режиме граничной смазки жидкостная пленка смазочного материала разделяет трущиеся поверхности, а способность смазочного материала снижать трение и износ, а также препятствовать заеданию в трибосопряжении, определяется его способностью образовывать на рабочих поверхностях прочные граничные слои адсорбционного или химического происхождения.

Трение при граничной смазке определяется также склонностью контактирующих материалов к схватыванию на ряде фактических микронеровностей, на которых может быть разрушен граничный слой смазки. В этих местах может возникнуть сухое трение окисных пленок или даже ювенильных поверхностей.

Согласно модели граничного трения, предложенной Ф.Л. Боуденом, сила трения

$$F_{\text{тр}} = [\tau_r \beta + \tau_m (1 - \beta)] A_{\text{тр}},$$

где τ_r и τ_m – прочность на срез соответственно граничного слоя и более мягкого из металлов; $A_{\text{тр}}$ – площадь зоны трения; β – доля поверхности контакта, покрытия граничным слоем.

Согласно теории граничного трения А.С. Ахматова – Б.В. Дерягина [2]

$$F_{\text{тр}} = \mu_{\text{тр}} (N_0 + N) = \mu_{\text{тр}} S (P_0 + P),$$

где $\mu_{\text{тр}}$ – коэффициент трения по Б.В. Дерягину; N – нормальная нагрузка, Па; S – площадь истинного контакта, м²; P – удельная сила молекулярного взаимодействия, Н/м².

Таким образом, сила трения $F_{\text{тр}}$ зависит от молекулярного прилипания (адгезии) поверхностей $\mu_{\text{тр}}SP$ и является функцией давления $\mu_{\text{тр}}N$.

Граничный слой образуется в результате взаимодействия активных элементов смазочного материала с металлом поверхностей трения. Активным компонентом смазочного материала могут быть как специально введенные в него присадки, так и примеси технологического происхождения, продукты окисления и т.д. При этом, существенное значение имеет активизация физико-химических процессов взаимодействия смазочного материала с поверхностью металлов в процессе трения. Разрушение граничного слоя также может быть вызвано большой пластической деформацией поверхностей в сопряженном контакте. Таким образом, работоспособность узла трения при граничной смазке определяется соотношением двух идущих одновременно процессов – образования и разрушения граничного слоя. Соотношения между скоростями этих процессов характеризуют наступление того или иного этапа процесса трения при граничной смазке. Формальным признаком наступления нового этапа является достижение соответствующей переходной температуры.

Выводы. Процессы передачи механической энергии в судовых дизелях происходят при гидродинамическом и граничном смазывании контактируемых поверхностей, при этом происходит циклический переход из режима гидродинамического в граничный режим трения. Процесс образования смазочного слоя на поверхностях трения (в парах вал – вкладыш подшипника и поршень – втулка цилиндра) сопровождается явлениями адсорбции, адгезии и химической модификации. При математическом описании процессов изнашивания пар трения судовых дизелей необходимо учитывать законы гидродинамической и граничной смазки, а также явление анизотропии прочностных свойств граничного смазочного слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М. : Машиностроение, 1989. – 328 с.
2. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М. : Физматгиз, 1963. – 472 с.
3. Сагин С.В. Триботехнические процессы, протекающие в топливной аппаратуре высокого давления судовых дизелей // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2013. – № 2. – С. 33-42.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Соколов А.Е., Соколова О.В.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. Для обеспечения гарантированного уровня образования необходимо осуществлять оптимизацию процесса обучения за счет разработки и использования методов, моделей, информационных технологий обучения и оптимизации учебного процесса. Компьютеризированные системы обучения (КСО) являются диалектическим развитием технических средств обучения на более высоком качественном уровне, так как характеризуются не только использованием самого мощного средства переработки информации – компьютера и самого емкого хранилища информации – Internet, но и возможностью активизации роли самого обучающегося в процессе обучения. Для этого необходимо моделировать процессы накопления информации [1]. Одним из подходов к моделированию является подход с использованием информационного пространства [2].

Основная часть. При моделировании систем обучения было доказано, что информационное пространство входных сообщений, рассматриваемое вне задачи накопления информации, линейно [3]. В задаче накопления информации ситуация изменяется: если первое сообщение определяется только количеством информации, связанным с сообщением, то последующие сообщения менее информативны, так как количество полученной информации уменьшается. Предположим постоянное повторение входной информации: $I_1=I_2=...=I_n$. В таком случае реализуется последовательное изменение полезности от полученной информации. Следовательно, при постоянно повторяемой входной информации количество воспринимаемой информации уменьшается с каждым шагом (при этом, тем не менее, объем накопленной информации, то есть знания, увеличивается). Обозначив воспринимаемую информацию, определяемую расстоянием между пришедшей и хранящейся информацией как I_ε , можем записать:

$$I_\varepsilon(1) \geq I_\varepsilon(2) \geq I_\varepsilon(3) \geq \dots \geq I_\varepsilon(n) \quad . \quad (1)$$

Предположив, что каждый акт подачи сообщения занимает по времени интервал Δt , можем перейти к временной зависимости $I_\varepsilon=I_\varepsilon(i\Delta t)$. При $\Delta t \rightarrow 0$ переходим к непрерывному времени. Данный переход требует непрерывной оценки информации, что на практике не реально, однако появляется возможность оценить асимптотические свойства систем накопления информации. Реально зная асимптотику, можно всегда перейти к разностной схеме и использовать её в практических задачах.

Естественно предположить, что скорость изменения количества информации пропорциональна текущему количеству информации, то есть предположить закон органического роста в процессе накопления информации, причем отрицательность правой части обеспечивает сходимость процесса:

$$\frac{dI_\varepsilon}{dt} = -\alpha I_\varepsilon \quad . \quad (2)$$

Данное предположение позволяет получить математическую модель динамики процесса накопления информации. С другой стороны, возможность оценки информативности сообщений и степени накопления информации позволяет оптимизировать соотношение полезной информации и используемого носителя. Действительно, при достижении максимума количества информации достигается максимальное значение функции цели:

$$\max I = I_m \sqrt{\frac{f_m}{f_m}} = I_m. \quad (3)$$

Используя известные методы описания динамических систем, и введя в модель входную информацию I_x , представим динамику процесса переходным процессом линейной динамической системы, соответствующей модели (4):

$$\begin{aligned} \frac{dI_\varepsilon}{dt} &= -\alpha I_\varepsilon + \beta I_x; \\ pI_\varepsilon(p) &= -\alpha I_\varepsilon(p) + \beta I_x(p); \\ I_\varepsilon(p) &= \frac{(\beta/\alpha)}{(1/\alpha)p + 1} I_x(p). \end{aligned} \quad (4)$$

При $\beta/\alpha=k$ и $1/\alpha=T$ получим передаточную функцию канала накопления информации:

$$\begin{aligned} I_\varepsilon(p) &= W(p)I_x(p); \\ W(p) &= \frac{k}{Tp + 1}. \end{aligned} \quad (5)$$

Следовательно, математическая модель процесса накопления знаний в простейшем случае может быть описана процессом накопления и потери информации. Однако реальная ситуация усложняется связями между различными объектами и их информацией. В этом случае необходимо учитывать связность и влияние различных информационных объектов, накопленных системой. Предположив, что данный объект связан с n объектами, можем охарактеризовать количество информации n мерным вектором:

$$\vec{I}_\varepsilon = \mathbf{I}_\varepsilon = \begin{bmatrix} I_{\varepsilon 1} \\ I_{\varepsilon 2} \\ \vdots \\ I_{\varepsilon n} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Тогда динамика накопления и потери информации описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\dot{\mathbf{I}}_\varepsilon = \mathbf{A}\mathbf{I}_\varepsilon + \mathbf{B}\mathbf{I}_x. \quad (7)$$


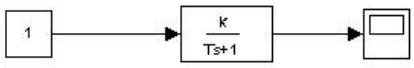
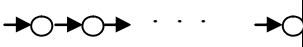
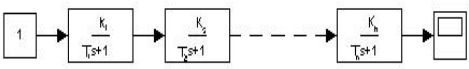
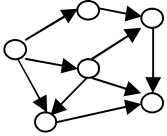
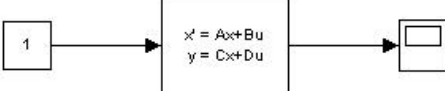
При этом элемент a_{ij} матрицы \mathbf{A} описывает связь i -го и j -го компонентов вектора информации, а матрица \mathbf{B} описывает влияние входной информации на процесс накопления и потери информации. В процессе накопления информации происходит накопление информации, описываемое изменением во времени или траекторией вектора $I_\varepsilon(t)$. Важно, что ожидаемое количество информации связано с ожидаемым выигрышем от наличия этой информации. Предположив, для простоты, что максимальное количество информации постоянно – случай плановых занятий, можем записать (8). Следовательно, энтропии, оценивающей ожидаемую информацию H_ε , соответствует траектория $I_\varepsilon(t)$ и, с другой стороны, предположение постоянства максимальной информации позволяет удобно оценивать ожидаемую полезность накопленной информации по ожидаемому нормированному квадрату информации (9).

$$M\{\mathbf{I}_\varepsilon\} = \mathbf{H}_\varepsilon = \begin{bmatrix} M\{I_{\varepsilon 1}\} \\ M\{I_{\varepsilon 2}\} \\ \vdots \\ M\{I_{\varepsilon n}\} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

$$M\left\{\frac{1}{I_m^2} \mathbf{I}_\varepsilon^T \mathbf{I}_\varepsilon\right\} = M\left\{\sum_{i=1}^n \frac{f_i}{f_m}\right\}. \quad (9)$$

Важна структура сообщения. Для порядка системы дифференциальных уравнений, описывающей динамику процесса накопления информации, существует простая связь между порядком модели и соответствующим концептом и идеалом. Для сообщения, описывающего простейшее понятие, имеем не связанный узел. Если данное сообщение не имеет связей с накопленной ранее информацией, то модель описывается дифференциальным уравнением первого порядка, или инерционным звеном первого порядка. При накоплении информации о последовательности явлений модель имеет клеточную матрицу порядка, определяемого количеством концептов, и наконец, в общем случае, модель описывается клеточной матрицей с диагональю, соответствующей собственным свойствам объектов и внедиагональными элементами, описывающими связи между концептами, табл. 1.

Таблица 1 – Модели динамики накопления информации

<i>Идеал</i>	<i>Порядок</i>	<i>Схема моделирования динамики</i>
	Модель первого порядка	
	Модель высокого порядка	
	Связная модель высокого порядка	

Выводы. Таким образом, математическая модель процесса накопления информации в информационном пространстве представлена линейной динамической системой. Энтропия системы описывает ожидаемую информацию, накопленную в системе, и связана с ожидаемой полезностью накопленной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов А.Е. Моделирование процесса принятия педагогического решения при компьютеризированном обучении / А.Е. Соколов, Е.О. Махова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – №1(25). – С. 59-61.
2. Соколов А. Є. Підхід до моделювання процесу комп'ютеризованого навчання / А. Є. Соколов, О. В.Соколова // Молодь у світі сучасних технологій: наук.-практ.конф., 26-27 квітня 2012р., матеріали. – Херсон, 2012. – С.-257-260.
3. Соколова О. В. Побудова математичної моделі динаміки процесу накопичення інформації / О. В.Соколова // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили : науково-методичний журнал. – 2014. – Вип. 225, т. 237, С. 127-133.

SHIP ELECTRICAL POWER SYSTEMS' OPERATION MODE ANALYSIS WITH USE OF THE THEORY OF MARKOV CHAINS

Ushkarenko A.O., Ryabenskiy V.M., Haled Omar Gannam
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
(Ukraine, Mykolaiv)

Introduction. One of the indexes of electric energy quality is voltage failures which appear in numerous cases in autonomous electric power systems including ship's ones. The quantity of electric power influences technological processes greatly. Short-term failures and over voltages in power supply systems often break the work of electric motors of different mechanisms, microprocessors equipment, automatized production operation systems, systems of telecommunications, and blocks of digital devices.

One of the reasons of voltage failures and over voltages is change of autonomous power station loading, especially while powerful asynchronous motors starting. Voltage failures can be regarded as random process. Lately great attention is given to the rise of reliability and quality of electric energy in autonomous power stations [1-3].

The purpose of the research is analysis of the electrical power systems' operation and simulation with a few generators using of the theory of Markov chains for the making electrical power systems' change of the state diagram and algorithm design of the random values generation for simulation of the load commutation process.

Basic property of the Markov chains' theory is that the state, in which the system will be in the next moment, is depended only on the current state and not depended on the previous states [1]. Vector of states $[S(t)]$ is corresponded to each point of time. The elements of the vector are probabilities of systems' being in each of the possible state.

$$[S(t_k)] = [S_1(t_k), S_2(t_k), \dots, S_n(t_k)],$$

$$\sum_{i=1}^n S_i(t_k) = 1,$$

where n – number of generators in the autonomous electrical power system.

Duration of system's being in the determinate state is exceeded by a factor of ten the time during that the system goes from one state to another. That's why we'll take the system's conversions from one state to another such as they are happened instantly.

Let's consider a power system that consists of two generators and the certain number of consumers. If there is enough power reserve (not all the consumers are operated in this mode) only one generator operates into the load and another one is idle. In the lack of generated power, second generator begins to operate with the first one and takes the part of a load [3]. On the fig. 1 there are a simplified circuit and a state graph of the such power generating unit.

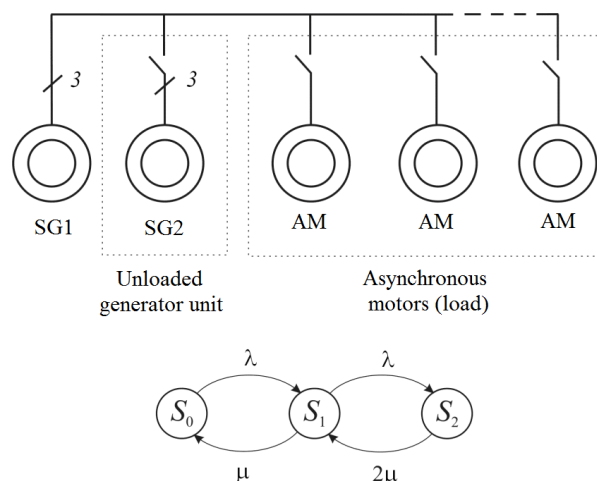


Figure 1 – Simplified circuit of the power generating unit and a state graph

For stationary requests' flow for load switching it can be written as follows:

$$\begin{cases} -\lambda P_0 + \mu P_1 = 0, \\ -(\lambda + \mu)P_1 + \lambda P_0 + 2\mu P_0 = 0, \\ P_0 + P_1 + P_2 = 1. \end{cases} \quad (1)$$

Solution of this system of equations is following:

$$P_0 = \frac{2}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + 1}; \quad P_1 = \frac{\lambda P_0}{\mu}; \quad P_2 = P_0 + P_1. \quad (2)$$

State probabilities are determined by the following expressions for the mode of the both generators' operating.

$$P_0 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}; \quad P_1 = \frac{2\lambda P_0}{\mu}. \quad (3)$$

State probabilities for power generating unit that consists of three generators, two of which are operating and one is idle (non load) can be determined like that:

$$P_0 = \frac{3}{2\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^3 + 1}; \quad P_1 = \frac{2\lambda P_0}{\mu}; \quad P_2 = \frac{\lambda P_1}{\mu}. \quad (4)$$

For model construction of the power generating unit that consists of three synchronous generators it can be used Markov processes. Power generating unit in any moment can be in one of the 5 states: S_0 – all generators are shut down, S_1 – only the first generator is operating, the second one is in the hot standby; S_2 – the first and the second generators are operating, the third one is idle; S_3 – all three generators are operating. On the fig. 2 there is a timing diagram on which it can be seen the state of each generator during the day. Generator as an element of the system can be described by the Boolean function that has two meaning – 0 (off) and 1 (on). Power of the each generator is 300 kW.

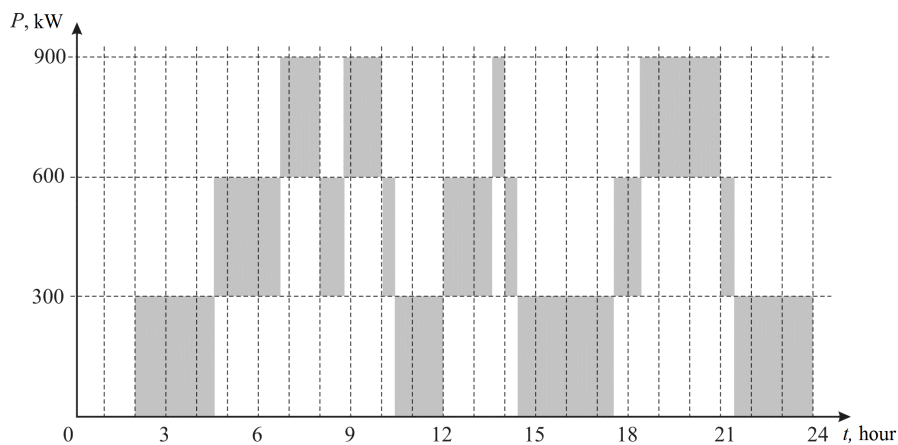


Figure 2 – Timing diagram of generators' operating

In each of these areas the value of power consumption is determined by the number of loads that connected to the main switchboard's bus bar and is the random variable y – a function $y=f(\alpha, \beta, \dots, \omega)$ of random variable $\alpha, \beta, \dots, \omega$, with known distribution laws, that are determined by the analysis of load's diagram in the previous time.

Let's simulate the action of the Markov's discrete chain. System's initial state is specified. The matrix row of transition probability for this state is setting transition probability from the current state to another. The new state is a discrete random value.

$$|p| = \begin{matrix} & S_0 & S_1 & S_2 & S_3 \\ \begin{matrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0,1 & 0,9 & 0 & 0 \\ 0,05 & 0,7 & 0,25 & 0 \\ 0 & 0,6 & 0,3 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,8 & 0,2 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

Let's consider the transition matrix row in (5) according to the state of autonomous electrical power system with the one operating generator. The probability that the system will stay in the same state is 0,7. The probability of another generator's connection in parallel operation is 0,25. Probability of generator's halt is 0,05. There is generated random value ξ . Let us suppose that it is 0,473. It means that the system moves from the state S_0 to the state S_1 , so only one generator was on. There is generated next random value for example 0,831. It means that the system moves to the state S_2 , so the second generator will parallel operate with the first one. The new random value is 0,936 and system stays in the state S_2 (with the two parallel operating generators). This algorithm continues until it will be received the states, in which autonomous electrical power system can be during the day. It is necessary to make $6 \cdot 24 = 144$ iterations if the step of the discrete time is 10 minutes.

Each consumer is described by its operation diagram which doesn't depend on the operation states of the other consumers. Examined consumers are characterized by the individual operation modes and have the random commutation process.

The total load of the autonomous electrical power system depends on the simultaneous operation of the great number of the power consumers in operation conditions by different load. The determination of the total changed loads should be done by using the loads' graphs of the individual consumers with a glance of their divergence [4]. There are peaks in day load curve of the autonomous electrical power system that caused by loads' turning on and off in power plant's operation conditions. Identification of these peaks is necessary for adverse conditions' prevention of the electroreceiver's operation.

In this case a change of the system state is specified by only one generator's turning on or off, for example, if there are two operating generators the system can turn to the state with one operating generator or to the state with the three parallel operating generators. But the load's program analysis shows that by one operating generator by consumers' activation it is possible that consumers' total power will be more than two generators' total power. That is why the system with one operating generator in K -moment can turn to the state with three operating generators in $(K+1)$ -moment and on the contrary similar situation is possible for the state in which there are no operating generators, however for consumers' supply by the electric power it is necessary the operation at once of two generators (transition from Q_0 to Q_2).

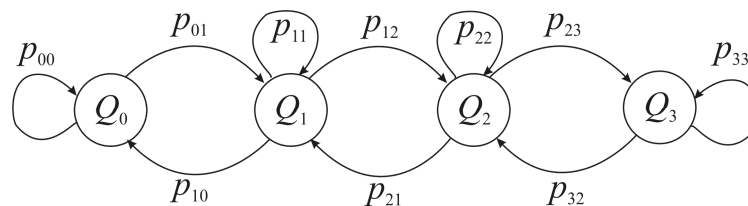


Figure 3 – State graph of one generator's system

There are on the fig. 3: Q_0 – there are no operating generators, consumers' total power – 0; Q_1 – there is one operating generator, consumers' total power 250 kW at most; Q_2 – there are two operating generators, consumers' total power 500 kW at most; Q_3 – there are three operating generators, consumers' total power 750 kW at most; $\{Q_0, Q_1, Q_2, Q_3\}$ – possible system states.

In general form the transition probability matrix is following:

$$|P_{ij}| = \begin{vmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ P_{10} & P_{21} & P_{31} & P_{13} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{vmatrix}, \quad (6)$$

where

$$\sum_{j=0}^n p_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

In addition the Markov's chain are characterized by state probability's vector:

$$S(t) = \{S_0(t), S_1(t), S_2(t), S_3(t)\}, \quad (8)$$

which shows probability $S_i(t)$ of system being in the state Q_i :

$$\sum_{i=1}^n S_i(t) = 1. \quad (9)$$

For the autonomous electrical power system, that consists of the three generators the transition probability matrix is following:

$$|P_{ij}| = \begin{vmatrix} 0,05 & 0,95 & 0 & 0 \\ 0,1 & 0,7 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0,6 & 0,3 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,9 & 0,1 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Equation for stationary probability definition is following:

$$\begin{cases} S_0 = p_{00}S_0 + p_{10}S_1 \\ S_1 = p_{01}S_0 + p_{11}S_1 + p_{21}S_2 \\ S_2 = p_{12}S_1 + p_{22}S_2 + p_{32}S_3 \\ S_3 = p_{23}S_2 + p_{33}S_3 \end{cases}. \quad (11)$$

The system of equations (11) for the steady state:

$$\begin{cases} S_0 = 0,05S_0 + 0,1S_1 \\ S_1 = 0,95S_0 + 0,7S_1 + 0,6S_2 \\ S_2 = 0,2S_1 + 0,3S_2 + 0,9S_3 \\ S_3 = 0,1S_2 + 0,1S_3 \end{cases}. \quad (12)$$

The solution of this system of equations (12) let us define the probability being of the autonomous electrical power system in each state.

Conclusions. The paper considers the characteristics of Markov chains to analyze and modeling the modes of an ship power system. Based on the analysis of waveforms obtained by changes in the state diagram of the power system and consumers, who can determine the parameters of process switching loads.

REFERENCES

1. Kartashev I. I. Upravlenie kachestvom elektrojenergii, I. I. Kartashev, V. N. Tul'skij, R. G. Shamonov, Moscow, Izdatel'skij dom MJeI, 2006, 320 p.
2. Prokopchik V. V. Povyshenie kachestva jelektrosnabzhenija i effektivnost' raboty elektrooborudovanija predpriyatij s nepreryvnymi tehnologicheskimi processami, V. V. Prokopchik, Gomel', Gomel'skij gosudarstvennyj tehniceskij universitet imeni P. O. Suhogo, 2002, 210 p.
3. Kusko A. Kachestvo energii v elektricheskijh setjah, A. Kusko, M. Tompson, Moscow, Izdatel'skij dom Dodeka – XXI, 2008, 336 p.
4. Babkov S. P. Modelirovanie sistem, S. P. Babkov, D. O. Bytev, Ivanovskij gosudarstvenny himiko tehnologicheskij universitet, Ivanovo, 2008, 156 p.

ОСНОВЫ ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С УЧЕТОМ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Ходаков В.Е., Соколова Н.А.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. Функционирование крупных социально-экономических систем (СЭС), к которым могут быть отнесены территории, регионы, области, страны, в значительной степени зависит от природно-климатических факторов (ПКФ).

Менее благоприятные природно-климатические факторы (ПКФ) стран, регионов в Восточной Европе, чем в западной Европе, обуславливает их функционирование с более высоким уровнем риска, близким к условиям кризиса.

Для таких СЭС необходимо антикризисное управление, т.е. управление, нацеленное на оперативное выявление признаков кризисного состояния и создание соответствующих механизмов своевременного их преодоления, которое обеспечивает предвидение опасности кризиса, стабилизацию неустойчивых состояний и сохранение управляемости социально-экономическими системами.

Причины кризисов на уровне управления данного класса СЭС могут быть связаны либо с циклическими потребностями модернизации и реструктуризации СЭС, либо с неблагоприятным влиянием внешней среды, ПКФ. Сейчас наблюдается увеличение научных публикаций по антикризисному управлению. Если первые публикации были только зарубежных ученых [1, 2, 3], то в настоящее время появляются и отечественные публикации [4, 5].

Постановка задачи. Основной задачей данной статьи является изложение и систематизация основных факторов и условий, определяющих основы подхода к управлению СЭС, функционирующими в условиях неблагоприятных, приближенных к критическим, природно-климатических условиях.

Основное содержание. Главной целью антикризисного управления является обеспечение и сохранение устойчивости развития и функционирования СЭС при любых природно-климатических, социальных и экологических изменениях, т.е. сохранения управляемости СЭС, и как следствие, сохранение или повышение устойчивости экономики и качества жизни населения. Основное в антикризисном управлении – быстрая реакция на изменения в поведении СЭС, в связи с изменениями ПКФ и внешней среды на основе предварительно разработанных прогнозов, альтернативных вариантов анализа и развития ситуации.

В процессе антикризисного управления используются в основном те управленческие инструменты, которые дают возможность устранить осложнения в поведении СЭС. Особенно важным в антикризисном управлении СЭС, связанном с влиянием негативных ПКФ, является формирование кадрового потенциала путем отбора, подготовки и переподготовки квалифицированных специалистов, которые способны: принимать нестандартные антикризисные решения; быть устойчивыми к стрессовым ситуациям, возникающим в условиях кризиса и негативных ПКФ; использования средств мотивации (стимулирования), направленных на стимулирование и решение кризисных проблем.

Процесс антикризисного управления может быть представлен состоящим из ряда этапов:

1 этап – разработка плана действий, формирование информационной базы, необходимой для разработки антикризисной программы;

2 этап – диагностика и прогнозирование кризисной ситуации, оценка параметров кризиса: экспресс-анализ отклонения параметров от нормы; выявление причин и

прогнозирование возможных вариантов развития кризиса, масштабов убытков, оценка факторов, которые влияют на развитие кризисных ситуаций; создание обратной связи для изучения причин и последствий развития кризиса;

3 этап – проработка версий и гипотез о направлениях учёта и смягчения кризисного состояния, вызванного факторами ПКФ: уточнение и углубление реалистичности планов преодоления кризисной ситуации; совершенствование подходов к рассмотрению проблем и принятию управленческих решений; аргументация альтернативных вариантов планов учёта и смягчения кризиса и предвидения риска каждого из них;

4 этап – уточнение антикризисной модели управления, проработка методов стимулирования и мотивации персонала: оптимизация инновационных процессов в случае разрушения действующей системы управления СЭС; проектирование и создание более эффективной системы управления; проработка и использование методов стимулирования и мотивации.

5 этап – мониторинг внешних и внутренних факторов, которые влияют на экономико-экологическое состояние СЭС.

Антикризисные мероприятия можно подразделить на: стратегические и тактические. Стратегические заключаются в анализе и оценке состояния СЭС, изучении производственного, природно-климатического и природно-ресурсного потенциала, разработки региональных программ, политики доходов, инноваций, стратегии, общей концепции оздоровления. Тактические – в определении своевременного состояния доходов, убытков, выявлении резервов, привлечении кредитных мероприятий в структурных изменениях экономики СЭС и т.п.

В зависимости от этапа развития кризиса можно выделить два вида антикризисного управления: превентивный и кризисный, в соответствии с которыми возможна реализация разных по своим функциональным назначениям и содержаниям этапов антикризисного управления, а именно: превентивного и кризисного.

Государственное антикризисное управление предоставляется механизмами адаптации к негативными ПКФ, механизмами парирования отрицательных проявлений ПКФ, механизмами антикризисного управления в областях экономической, инвестиционной, инновационной, социальной, организационной политики и инструментами.

В распоряжении государственных органов управления находится огромный арсенал, прямых и косвенных методов регулирования, создающих область возможных или допустимых решений. Границы, формируемые при прямых формах управления, являются жесткими и однозначно определенными. При косвенном управлении границы весьма условны и их наличие определяется условиями системы поощрений и мотиваций. Эффективность косвенных методов со временем падает.

Используемые методы, инструменты и средства государственного антикризисного управления могут быть охарактеризованы как поддерживающие, так и ограничительные. Они и способствуют смягчению последствий негативных процессов вследствие воздействия природно-климатических факторов или предотвращению негативных и поддержке позитивных процессов. Поэтому задача выбора отдельного регулирующего метода или комбинации методов является чрезвычайно важной и зависит от состояния уровня развития СЭС и уровня воздействия ПКФ. Очевидно, что для этих целей целесообразно использовать комплексные многокритериальные модели оценки состояния и уровня развития СЭС.

Для реализации антикризисного управления СЭС необходимо определить интегральные показатели – индикаторы, оценивающие уровень подверженности кризисным явлениям, и специальные средства и механизмы принятия решений по выводу системы из кризисных ситуаций.

Индикаторы определяются как параметры границ, в пределах которых может и должна проходить бескризисная траектория управления системой. Индикаторы имеют предельные пороговые уровни значений.

Особое место занимает определение и использование пороговых значений индикаторов, призванных сигнализировать о приближении кризисных состояний системы и необходимости принятия решения. Действие индикатора определяется не только количественными характеристиками, важно, чтобы индикатор был инструментальным, т.е. для него существовали бы регуляторы прямого воздействия на объект управления.

Решение задачи диагностирования связано с постановкой «диагноза» кризисного состояния системы – СЭС на основе данных, полученных в результате мониторинга, выделения факторов, влияющих на ход траектории управления, и нахождения регуляторов прямого воздействия, непосредственно влияющих на траекторию управления в целом.

Сложность решения задачи диагностирования заключается в том, что наблюдение за состоянием системы производится косвенно, получаемые данные часто искажены либо содержат много «шумов», применение регуляторов имеет выраженный эффект «запаздывания».

Задача прогнозирования состоит в определении круга воздействующих на прогнозируемые показатели или индикаторы факторов (регуляторов) и возможные траектории хода управления при принятии тех или иных решений.

Выводы. Показано, что для социально-экономических систем регионального типа, функционирующих в неблагоприятных, приближенных к критическим, природно-климатических условиях, необходимо согласованное целенаправленное государственное антикризисное управление. Описаны основы подхода к управлению СЭС, предполагающие использование в комплексе соответствующих механизмов и инструментов антикризисного государственного управления обеспечивает сохранение управляемости социально-экономической системой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антикризисное управление // Под ред. Э. С. Минаева, В. П. Панагушина. – М. : Приор. 1998. – 432 с.
2. Антонова Н. Б. Государственное регулирование экономики: учебн. / Н. Б. Антонова – М. : Академия управления при Президенте Республики Беларусь. 2002. – 775 с.
3. Государственное регулирование экономики: учебн. пособ. / Т. Г. Морозова, Ю. М. Дурдыев, В. Ф. Тихонов – М. : Юнити-Дана, 2002. – 255 с.
4. Пушкарь А. И. Антикризисное управление: стратегии, модели, механизмы / А. И. Пушкарь, А. Н. Тридед, А. Л. Колос – Харьков : ХДЕУ, 2001. – 452 с.
5. Ходаков В. Е. Природно-климатические факторы и развитие социально-экономических систем : монография / В. Е. Ходаков, Н. А. Соколова, В. В. Крючковский – Херсон : Гринь Д.С., 2015. – 344 с.

***СЕКЦІЯ
ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ***

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Алексеев А.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) в настоящее время получили широкое распространение на транспорте, в промышленности и стационарной энергетике. На ближайшие десятилетия они останутся основным источником энергии для судостроительной, автомобильной, сельскохозяйственной и другой техники. Рост выпуска ДВС остро ставит проблемы их качественного совершенствования, в основе которых – увеличение мощности, уменьшение времени обслуживания и улучшение эксплуатационных показателей.

Актуальность исследований. Эксплуатация современного судна немыслима без автоматизации процессов управления разнообразным техническим и технологическим оборудованием, судовыми системами и судном в целом. Возрастают мощности судовых устройств и механизмов, повышаются требования к точности, надежности, быстродействию и другим показателям качества управления, повышаются эксплуатационные требования, связанные с экономичностью и эффективностью работы судовых систем оборудования. Причем эти требования касаются работы не только отдельных систем автоматического управления судна в целом, но и систем автоматического управления главной дизельной установкой. Поэтому в настоящее время основным требованием при постройке нового судна является требование наличия на нем качественной системы автоматизации. А в случае модернизации эксплуатируемого судна – переход от неавтоматизированных систем к автоматизированным, с целью увеличения времени необслуживаемой работы двигателя. Предлагаемый метод управления и контроля параметров рабочего процесса может быть использован для индицирования отдельного элемента судового двигателя при помощи оптоволоконного датчика. Эксплуатационные показатели ДВС зависят от технического состояния всех элементов входящих в двигатель, а некоторые параметры сложно фиксировать из-за невозможности установки средств контроля. Оптоволокно идеально подходит для установки в местах с ограниченным доступом, а точность и скорость передачи данных позволяет автоматизировать управление.

Результаты исследований. В элементах соединения корпусных деталей (шпильках, болтах), связывающих крышки цилиндра (головки блока цилиндров) и блок двигателя, действуют напряжения, а выбор элементов связи в качестве объекта управления, основан на том, что они воспринимают только силы давления газов и, таким образом, позволяют идентифицировать некоторые параметры рабочего процесса судового двигателя.

Реализация метода управления и контроля параметров рабочего процесса заключается в том, что в шпильку, помещают дифракционный волоконно-оптический датчик, представляющий собой оптическое волокно, в сердцевине которого наведена фазовая модуляция по определенному сигналу. Усилия, возникающие от действия сил давления газов в цилиндре двигателя, передаются через головку блока цилиндров шпильками и болтами крепления головки блока цилиндров к самому блоку. При этом волоконно-оптический датчик фиксирует изменение оптического зазора, воспринимая те же самые усилия, и преобразует их в электрический сигнал.

На рис. 1 приведена принципиальная схема, разработана для управления и контроля параметров рабочего процесса судовых двигателей при помощи оптоволоконных датчиков.

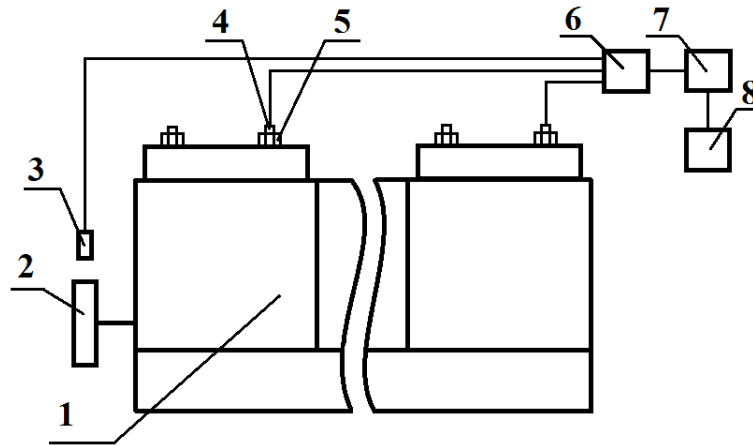


Рисунок 1 – Принципиальная схема управления параметров рабочего процесса судовых двигателей:

1 – двигатель; 2 – шкив коленчатого вала для двигателей с штатным датчиком положения коленчатого вала или отметчик верхней мертвой точки первого цилиндра для двигателей, не имеющих штатного датчика положения коленчатого вала; 3 – датчик положения коленчатого вала; 4 – шпилька крепления крышки цилиндров к блоку двигателя с установленным оптоволоконным датчиком; 5 – гайка шпильки крепления крышки цилиндров к блоку двигателя; 6 – усилитель сигнала с датчиков в шпильке 4; 7 – аналого-цифровой преобразователь; 8 – компьютер

Под действием изменяющегося давления в цилиндре двигателя, шпилька сжимается и растягивается, находясь в зоне упругой деформации. При этом оптическое волокно, расположенное в отверстии внутри шпильки фиксирует изменение длины шпильки при помощи отражателя и изменения показателей преломления, значения которого при помощи аналого-цифрового преобразователя, регистрируется в компьютере, где и осуществляется его дальнейшая обработка и анализ.

Для обоснования работоспособности предлагаемого способа получения информации о внутрицилиндровых процессах был произведен расчет удлинения шпилек крепления крышек цилиндров, болтов головки блока и сжатие шайб под ними при воздействии сил от предварительной затяжки и от давления газов в цилиндре ДВС. Результаты расчетов показывают, что растяжение шпилек (болтов) крепления крышки цилиндра (головки блока), а также сжатие шайб под ними при работе двигателя находятся в диапазоне, доступном для регистрации волоконно-оптическим датчиком. В качестве примеров были рассчитаны стальные шпильки длиной от 500 до 1000 мм, для усилий характерных при давлениях до 23 МПа. Разница между удлинением шпильки при максимальной растягивающей силе и удлинением при силе предварительной затяжки составляет от 1 до 20 мкм; разница между сжатием шайбы при максимальной сжимающей силе и сжатием при силе предварительной затяжки составляет от 0,02 до 0,80 мкм. Из этого следует, что наиболее качественная индикаторная диаграмма получается при установке волоконно-оптического датчика в тело шпильки крепления крышки цилиндра (или болта головки блока цилиндров).

Выводы. Проведенный анализ позволяет предположить, что предлагаемый метод управления и контроля параметров рабочего процесса судового ДВС может быть использован для индицирования отдельного элемента соединения корпусных деталей, связывающих крышки цилиндра и блок двигателя, при помощи оптоволоконного датчика. Реализация оптоволоконных систем в настоящее время, может иметь ряд существенных преимуществ по сравнению с другими известными методами и средствами оценки параметров рабочих процессов судовых двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возницкий Е. В. Судовые дизели и их эксплуатация Текст. / Е.В. Возницкий, Е.Г. Михеев – М. : Транспорт, 2004 – 360 с.
2. Луканина В. Н., Шатрова М. Г. Двигатели внутреннего сгорания: Теория рабочих процессов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2005. – 479 с.
3. Грин А. А. Регрессионные зависимости по параметрам рабочего процесса в диагностировании и индицировании дизеля Текст. / А. А. Грин // Двигателестроение – 1991 – №1 – С. 91-93.
4. Диагностирование дизелей / Е. А. Никитин и др. – М. : Машиностроение, 1987. – 224 с.
5. Васькевич Ф. А. Погрешности индицирования главного судового двигателя // Двигателестроение. – 1988. – №8. – С. 8-11.
6. Пойда А. Н. Основные принципы индицирования двигателей дискретными устройствами // Двигателестроение. – 1982. – №8. – С. 44-47.
7. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. – М. : Техносфера, 2006. – 592 с.
8. Буймистряк Г. Я. Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем. – Санкт-Петербург: Минатома, 2005. – С. 88-91.
9. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC: Пер. с англ. / Под ред. У. Томпкинса, Дж. Уэсбера. – М.: Мир, 1992. – 592с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

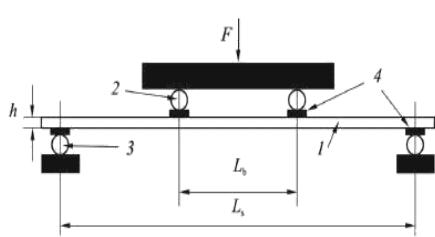
Алексенко В.Л., Букетов А.В., Браило Н.В., Шварц С.С.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Стандартные испытания на растяжение требуют относительно больших усилий и регистрации малых деформаций, а также осложняются проблемой закрепления образцов. Испытания на изгиб в области линейной упругости подложки, соответствующей основным режимам эксплуатации конструкций, лишены этих недостатков. Однако какие-либо официальные рекомендации по испытанию образцов с покрытием за исключением качественной оценки [1] отсутствуют. При изготовлении образцов, покрытие в соответствии с принятой технологией наносится на тонкий лист материала подложки с одной или двух сторон. При наличии готовой, например рулонной заготовки с покрытием, её режут на полосы-образцы необходимых размеров. Предпочтительно нанесение покрытия на подложку уже подвергшуюся раскрою. Далее образцы можно испытать согласно требованиям [2] на изгиб по 3-х или 4-х точечной схемам. Зная параметры геометрии и механические константы материала подложки, а также толщину покрытия представляется возможным рассчитать наиболее важные характеристики его прочности и жёсткости.

Теория изгиба пластин из однородного материала в том числе ортотропного и в частном случае по цилиндрической поверхности подробно рассмотрена в [3]. В работе [4] дана общая теория расчёта составных стержней и пластин. Частный случай цилиндрического изгиба монолитной составной пластины не рассматривается.

Цель исследования – получить основные расчётные зависимости для обработки результатов испытания на статический изгиб образцов защитных покрытий для вычисления характеристик их прочности и жёсткости.

Соотношение поперечных размеров образцов таково, что их ширина на порядок и более превышает толщину, лежащую в плоскости изгиба. В этом случае поперечный изгиб образца происходит по цилиндрической поверхности в условиях так называемого *стеснённого изгиба* его продольных элементов.



1 – образец, 2 – изгибающий ролик,
3 – опорный ролик,
4 – резиновые полоски

Рисунок 1 – Испытание образца на чистый изгиб по ГОСТ 32281.3 – 2013

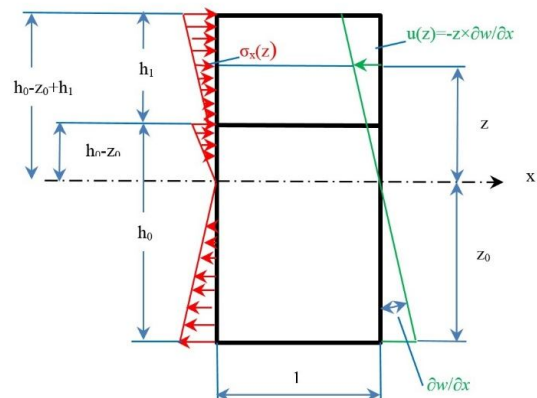


Рисунок 2 – Малый элемент балки-полоски с размерами в плане 1×1

Анализ напряженно-деформированного состояния образца с покрытием в форме тонкой прямоугольной полосы нагруженного по схеме, изображённой на рисунках 1, 2 [5], обеспечивающей его чистый цилиндрический изгиб на среднем участке длиной L_b позволил получить требуемые расчётные зависимости. Приняв обычные допущения технической теории изгиба пластин малого прогиба: гипотезу прямых недеформируемых нормалей и наличия недеформируемого нейтрального слоя, а также считая, что слои

материала параллельные нейтральному находятся в плоском напряжённом состоянии получим:

– дифференциальное уравнение изогнутого нейтрального слоя пластины

$$D \frac{d^2 w}{dx^2} = M_y \quad (1)$$

$$D = \frac{E_0}{3(1-\mu_0^2)} [z_0^3 - (h_0 - z_0)^3] + \frac{E_1}{3(1-\mu_1^2)} [(h_0 - z_0)^3 - (h_0 - z_0 + h_1)^3] \quad (2)$$

– так называемая *цилиндрическая жёсткость* двухслойной монолитной двухслойной пластины;

z_0 – расстояния между нейтральным слоем и наружным слоем подложки, определяемое по формуле

$$z_0 = \frac{(h_0 + h_1)^2 + (v-1)h_0^2}{2(vh_0 + h_1)}, \text{ где } v = \frac{E_0}{E_1} \frac{1-\mu_1^2}{1-\mu_0^2} \quad (3)$$

– формулы для определения нормальных напряжений в подложке ($i=0$, $-z_0 \leq z \leq h_0 - z_0$) и покрытия ($i=1$, $h_0 - z_0 \leq z \leq h_0 - z_0 + h_1$) и цилиндрической жёсткости:

$$\sigma_{xi} = -\frac{E_i}{1-\mu_i^2} \frac{M_y}{D} z, \quad (4)$$

$$D = \frac{F(L_s, L_h) L_h^3}{32Bw_0}, \quad (5)$$

где w_0 – прогиб в центре пролёта относительно плоскости касательной к нагружающим роликам снизу.

Зная механические константы материала подложки, экспериментальное значение D и приняв из тех или иных соображений значение μ_1 , на основании (5) находят модуль продольной упругости материала покрытия:

$$E_1 = \left\{ 3D - \frac{E_0}{1-\mu_0^2} [z_0^3 - (h_0 - z_0)^3] \right\} \frac{1-\mu_1^2}{(h_0 - z_0)^3 - (h_0 - z_0 + h_1)^3} \quad (6)$$

Затем, используя выражение (4), рассчитывают характеристики прочности материала покрытия.

Выводы и рекомендации. В рамках предположений технической теории изгиба тонких пластин получены: основные зависимости изгиба двухслойной монолитной пластины по цилиндрической поверхности; предложены формулы для определения характеристик прочности и жёсткости материала покрытий по результатам статических испытаний образцов на чистый изгиб.

Рекомендуется разработать стандарт предприятия Херсонская государственная морская академия «Покрытия защитные. Метод определения характеристик прочности и жёсткости испытанием образцов на статический изгиб». В основу стандарта положить найденные зависимости, а также программное обеспечение для автоматизации вычислений и статистической обработки результатов измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности плёнки при изгибе: ГОСТ 6806-73. – (СТ СЭВ 2546-80). – М. : Государственный комитет СССР по стандартам.
2. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб: ГОСТ 4648-71. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР.
3. Суслов В.П. Строительная механика корабля и основы теории упругости / В.П. Суслов, Ю.П. Кочанов, В.Н. Спихтаренко. – Л.: Судостроение, 1972. – 720 с.
4. Ржаницин А. Р. Составные стержни и пластинки. – М. : Стройиздат, 1986. – 316 с.
5. Стекло и изделия из него. Определение прочности на изгиб. Испытание на образце, опирающемся на две точки (четыре точки изгиба): ГОСТ 32281.3 – 2013 – (EN 1288 - 3:2000). – М.: Стандартинформ, 2014. – 7 с.

ПРОБЛЕМА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ФЛОТЕ

Амелин М.Ю., Котыло О.В., Малыгин Б.В.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. Большинство технических объектов имеет магнитное поле, которое вызвано ферромагнитными намагниченными массами и токами, протекающими в проводящих элементах объектов. Действительно, магнитное поле может мешать человеческой деятельности. Оно создает техногенное воздействие на окружающую среду, а возникло, когда человек начал использовать и менять природу.

Актуальность исследования. Техногенное магнитное поле противоестественно для среды обитания и может оказывать негативное влияние на здоровье человека. Магнитное поле также оказывает негативное влияние на технологический процесс электросварки - выдувает дугу из сварного шва при намагниченных свариваемых стыках. Однако в некоторых случаях магнитное поле увеличивают либо вообще управляют его уровнем, например, в магнитных системах управления движением космических аппаратов, магнитных системах перемешивания жидкого металла и др.

Цель исследования. Поиск путей для снижения уровня внешнего магнитного поля судового оборудования.

Изложение основного материала. В начале 20-го века появились морские магнитные мины, реагирующие на магнитное поле, с помощью которых уничтожали корабли. Впервые эти мины применили немцы в Первой мировой войне: с их помощью была ликвидирована значительная часть флота противника.

После этого в мире стали бороться с тем, чтобы корабли на магнитных минах не подрывались. Интенсивно решалась проблема снижения магнитного поля кораблей, их защищенности по магнитному полю, чтобы мины на них не реагировали. Многие ученые, в частности, академики Капица и Александров, уже во время Второй мировой войны создали первую систему размагничивания стального корпуса кораблей, которая эффективно работала. Это позволило уберечь огромное количество кораблей Советского Союза от подрыва на магнитных минах.[1]

Вторая огромная проблема – снижение магнитного поля корабельного оборудования, которая остро встала в середине 20-го века в связи со строительством нового класса кораблей с немагнитными корпусами – атомных подводных лодок и тральщиков, то есть кораблей, которые ищут и уничтожают магнитные мины. Их магнитное поле должно быть минимальным.[2]

Это значит, что все электрооборудование корабля, которое само является источником магнитного поля, должно иметь слабое магнитное поле. Например, электродвигатель мощностью 10 киловатт должен излучать магнитное поле, эквивалентное полю электробритвы. Действительно, задача. Вот и возникла острая необходимость снижения магнитного поля электрооборудования кораблей.

Задачей снижения магнитного поля кораблей занимались, в основном, в Санкт-Петербурге (тогда - Ленинграде), в ЦНИИ имени акад. А.Н.Крылова. Они использовали исключительно свои научные разработки и свои сферы влияния на производство, ошибочно полагая, что эту проблему можно решить на технологическом уровне путем доработки уже существующего корабельного электрооборудования. Однако работники этого НИИ не были специалистами-электротехниками, не имели опыта снижения магнитного поля, вызванного электрическими токами, не владели соответствующими технологиями производства. Нельзя было просто взять и начать производить маломощное электрооборудование. Оказалось, что это сложная задача, причем не только техническая, но и научная. До тех пор пока не создали Харьковский электромеханический завод (ХЭМЗ), не возник научный коллектив, а затем экспериментальная научная база, проблема снижения магнитного поля

электрооборудования кораблей в СССР оставалась нерешенной. Для ее решения понадобилось целых 20 лет. Сегодня мы уже можем говорить о том, что на основе внедрения разработанной технологии, защищенной 170 авторскими свидетельствами, успешно массово производится электрооборудование (электродвигатели и трансформаторы, преобразователи электроэнергии, силовые щиты, автоматические выключатели), магнитное поле которого в 10-100 раз меньше серийного.[3]

Была создана общая теория магнетизма технических объектов, которая применима к любому техническому объекту - и к электрооборудованию, и к кораблю, и к космическому аппарату, и к трубам, и к домам, - и позволяет эффективно решать различные актуальные прикладные задачи магнетизма. Это могут быть задачи снижения поля, управления полем.

В 1992 году президент Академии наук Украины академик Борис Патон поставил задачу решить проблему магнитного дутья дуги при проведении ремонтных электросварочных работ на магистральных трубопроводах. Магнитное дутье возникает из-за разной намагниченности свариваемых труб, что создает магнитное поле в зазоре, которое выдувает дугу, выплескивая металл, в результате чего получается некачественный сварочный шов. Проблема была решена на основе применения разработанного метода двухимпульсного статического размагничивания свариваемых стыков и создания совместно с предприятием «Харьковнефтемаш» размагничивающей установки и технологии размагничивания трубопроводов, которая успешно внедрена на магистральных трубопроводах Украины, России и Казахстана.

Перспективна разработка систем дистанционной магнитодиагностики целостности подземных трубопроводов. Основное отличие этой разработки от существующих технологий в том, что магнитодиагностика целостности трубопровода проводится без раскапывания трубы, за счет измерения магнитного поля на расстоянии 2-2,5 м от ее поверхности.

Заключение: В рамках решения проблем магнетизма морских и речных судов нужно уметь управлять их магнитным полем, чтобы стабилизировать их положение с помощью специальных магнитных систем управления. Нужно иметь адекватные математические модели, которые позволяют с достаточной точностью описать судно, как источник магнитного поля, а также осуществлять измерения его магнитных характеристик, которые в соответствии с мировой практикой выполняются на специальных магнитоизмерительных стендах.

Отличие фундаментальных исследований от прикладных в том, что фундаментальные создают новые знания, а прикладные - новые устройства. А новые знания могут быть использованы в абсолютно разных отраслях. У нас нет никаких сомнений в том, что мы, в нашей лаборатории, занимаемся научной проблемой, которая имеет огромное количество прикладных направлений. Некоторые из них актуальны сегодня, а другие, например, защита окружающей среды и человека от техногенного магнитного поля, будут широко использованы в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Котлы паровые и водогрейные. Нормативный документ морского транспорта Украины . КНД 31.2.002.06 - 96. - Изд. Министерства транспорта Украины. - 1996. - 100 с.
2. Верете А.Г., Дельвинг А.К. Судовые пароэнергетические установки и газовые турбины // Учебник. – М.:Транспорт, 1982. - 358 с.
3. Магнитная обработка водных систем. // Библиографический указатель отечественной и иностранной литературы. – М. : изд. Министерства угольной промышленности СССР, 1971. – 63 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ЕПОКСИДНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ ПІД ВПЛИВОМ ТЕМПЕРАТУРИ

Бень А.П., Сапронов О.О., Букетова Н.М., Лещенко О.В.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Сучасний розвиток промисловості потребує розробки та вдосконалення методів та засобів захисту металоконструкцій. Одним із методів захисту металоконструкцій від зовнішніх факторів є використання епоксикомпозитних захисних покриттів. Для підвищення показників адгезійних, фізико-механічних, теплофізичних властивостей та зносостійкості захисних покриттів на основі епоксидних зв'язувачів перспективним є використання нанонаповнювачів. Водночас важливим під час експлуатації таких матеріалів є температурні умови. Тому дослідження поведінки епоксидних наноконструкцій під впливом температури є досить актуальним на сьогодні.

Мета. Дослідити властивості захисних епоксикомпозитних покриттів, наповнених наночастками, під впливом температури.

Результати досліджень та їх обговорення. При формуванні наноконструктивного матеріалу (НКМ) використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78). Як наповнювач для експериментальних досліджень використано нанотрубки (НТ) з дисперсністю 5 нм. При цьому епоксидні КМ, наповнені НТ, формували за технологією, що передбачає використання ультразвукового диспергування композицій.

Дослідження проводили у діапазоні температур $T = 303 \dots 473$ К для епоксикомпозитів, наповнених НТ, за вмісту $q = 0,010 \dots 0,500$ мас.ч.

Експериментально встановлено, що найменший термічний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) $\alpha = 5,54 \times 10^{-5}$ К встановлений у діапазоні температур $\Delta T = 303 \dots 323$ К для КМ, наповнених НТ за вмісту $q = 0,025 \dots 0,050$ мас.ч. У діапазоні температур $\Delta T = 303 \dots 373$ К найменший ТКЛР ($\alpha = 5,24 \times 10^{-5}$ К) характерний для КМ, наповнених НТ за вмісту $q = 0,075$ мас.ч. У діапазоні температур $\Delta T = 303 \dots 423$ К найменший ТКЛР ($\alpha = 8,11 \times 10^{-5}$ К) характерний для КМ, наповнених НТ за вмісту $q = 0,075$ мас.ч. Встановлено, що найменшим значенням ТКЛР в діапазоні підвищених температур $\Delta T = 303 \dots 473$ К характеризується КМ, наповнених НТ за вмісту $q = 0,025 \dots 0,050$ мас.ч. Водночас встановлено, що значення ТКЛР в діапазоні підвищених температур несуттєво відрізняється для композитів із різним вмістом наповнювача ($\Delta\alpha = \pm 0,03 \times 10^{-4}$ К), що вказує про рівномірний перебіг фізико-хімічних процесів при зшиванні НКМ. Додатково слід зазначити, що згідно отриманих результатів дослідження за різного діапазону температур мінімальні показники ТКЛР отримали для різного вмісту наповнювача у КМ. Зокрема, за діапазону температур $\Delta T = 303 \dots 323$ К та $\Delta T = 423 \dots 473$ К доцільно використовувати КМ із вмістом НТ $q = 0,025 \dots 0,050$ мас.ч., а при експлуатації КМ за діапазону температур $\Delta T = 323 \dots 423$ К слід застосовувати КМ із вмістом НТ $q = 0,075$ мас.ч. Слід зауважити, що усадка не перевищує 1,0...1,4 % для усіх досліджуваних зразків. Це дає можливість наносити покриття на довговимірні поверхні складного профілю.

Висновки. Досліджено поведінку розроблених наноконструкцій під впливом теплового поля. Експериментально встановлено, що за діапазону температур $\Delta T = 303 \dots 323$ К та $\Delta T = 423 \dots 473$ К доцільно використовувати КМ із вмістом НТ $q = 0,025 \dots 0,050$ мас.ч., а при експлуатації КМ за діапазону температур $\Delta T = 323 \dots 423$ К слід застосовувати КМ із вмістом НТ $q = 0,075$ мас.ч.

ВЛИЯНИЕ ДОМЕНОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Богданов А.В.

Каспийский институт морского и речного транспорта – филиал Волжского государственного университета водного транспорта
(Российская Федерация, г. Астрахань)

Введение. Целостной физической модели электропроводности металлов, согласующейся с магнитными их свойствами, до настоящего времени не существует. В настоящей работе механизмы электропроводности и магнитных свойств металлов, объединены физическими процессами происходящими в межкристаллитной области между кристаллитами (доменами) и включающими донорно-акцепторную рекомбинацию (ДАР) неравновесных носителей заряда. Под доменными структурами мы понимаем любые твёрдые или жидкие вещества, содержащие области с различными физическими (электрофизическими) свойствами

Большинство металлов поликристаллы, состоящие из множества ориентированных зерен – кристаллитов (доменов), с размером от единиц до десятков микрометров, разделённых границами. Считается, что металл изотропный по всему объёму, но анизотропный внутри кристаллита. В отличие от кристалла кристаллит имеет сильно искажённую структуру, так как его рост происходит в неравновесных условиях.

Известна модель электропроводности металла на постоянном токе σ_0 , исключая влияние на электропроводность кристаллитов (неоднородностей и включений в металле), которая неприменима для большинства металлических проводников. В модели предполагается, что при фиксированной температуре носителями тока являются электроны, и их концентрация, равная 10^{22} - 10^{23} см⁻³, не зависит от внешних воздействий. Электропроводность металла при этом равняется [1]:

$$\sigma_0 = \frac{nq^2\tau}{m^*} \quad (1)$$

где n , q , m^* – концентрация, заряд и эффективная масса электрона; τ – среднее время свободного пробега электронов.

Полученное значение электропроводности хорошо согласуется с экспериментальными результатами.

Для химически чистых металлов изменение электропроводности, обусловленной рассеянием электронов на фононах с температурой $T^\circ\text{C}$, определяется выражением [1]:

$$\sigma_{\text{фон}} = \sigma_{\text{фо}} \left(\frac{273}{273 + T} \right) \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{фо}}$ – электропроводность металла при 0°C .

Температурная зависимость электропроводности металла объясняется упругим рассеянием носителей заряда – электронов на тепловых колебаниях решётки – фононах. С увеличением температуры металла его электрическое сопротивление линейно возрастает.

Индуктивное взаимодействие электрических токов внутри металла при высоких частотах, значительно выше 10 кГц, может приводить к неравномерной по площади сечения металлического проводника плотности тока, так называемый Скин-эффект. Скин-эффект при малых сечениях проводника и на высоких частотах приводит к уменьшению проводимости с ростом частоты тока.

Индуктивное взаимодействие магнитных полей токов, обусловленное внешней геометрической конфигурацией проводника, приводит к уменьшению его электропроводности, которое описывает закон Ома для переменного тока. Пренебрегая емкостной составляющей общего тока и предполагая, что активное сопротивление

проводника R намого менше его индуктивного сопротивления ωL (например, в случае соленоида), индуктивная составляющая проводимости равняется [2]:

$$\sigma_{ind} \approx \frac{1}{\omega L \sqrt{1 + \frac{R^2}{\omega^2 L^2}}} \quad (3)$$

Зависимость электропроводности металла от частоты за счёт индуктивного взаимодействия электрических зарядов как внутри, так и вне проводника примерно линейная и становится существенной только при высоких частотах (примерно более 10 кГц). Во многих практических задачах (передача электроэнергии по проводам, магнитно-импульсная обработка (МИО)) использует низкочастотные колебания электрического и магнитного полей. Как показали исследования [1], эта зависимость не всегда линейная (в области частот до 100 Гц).

Электропроводность, обусловленная ДАР неравновесных носителей заряда определяется выражением:

$$\sigma_{ДАР} = \frac{\sigma_0}{1 - \frac{c \cdot N_a}{N_d} \exp(-W_f(N_a - N_d)t)} \quad (4)$$

где $c = \frac{N_a}{N_d}$ – некоторые фиксированные значения концентраций нейтральных доноров и акцепторов, соответственно; N_a , N_d – концентрации доноров и акцепторов, соответственно; W_f – вероятность ДАР неравновесных носителей заряда.

Магнитные свойства вещества обусловлены круговыми движениями электронов по орбитам в атомах, образующие магнитные моменты. Магнитный момент электрона складывается из орбитального магнитного момента (вследствие движения электрона вокруг ядра) и спинового момента (вследствие вращения электрона вокруг собственной оси). Основную роль в создании спонтанной намагниченности играет обменное взаимодействие между внутренними незаполненными электронными оболочками атомов, перекрывающихся при образовании твердого тела.

Энергия обменного взаимодействия (обменный интеграл) зависит от расстояния между атомами a и диаметром электронной оболочки d , содержащей электроны с некомпенсированными спинами.

Если $a/d > (3-4)$, то величина энергии взаимодействия незначительна и обменные силы не могут противодействовать тепловому движению и вызвать упорядоченное расположение спинов. Такие вещества проявляют свойства парамагнетиков.

При уменьшении расстояния между атомами обменный интеграл возрастает, т.е. обменное взаимодействие усиливается и становится возможной параллельная ориентация спинов, характерная для ферромагнетиков. Ферромагнетизм наблюдается при обычных температурах и слабых магнитных полях. При достижении определённой температуры, называемой точкой Кюри, ферромагнетики переходят в парамагнитное состояние.

При дальнейшем сближении атомов ($a/d > 1.3$) обменный интеграл становится отрицательным и энергетически выгодно антипараллельное расположение спинов, т.е. такие вещества должны быть диамагнетиками (антиферромагнетиками).

Наличие спонтанной намагниченности не намагниченного ферромагнетика, вектор намагниченности которого равен нулю, объясняется тем, что весь объем ферромагнетиков самопроизвольно разбивается на локальные области - домены. В пределах домена спины ориентированы параллельно друг другу. Домен находится в состоянии магнитного насыщения. Направление магнитных доменов внутри образца равновероятно. Характер

разбиения образца на домены определяется из условия минимума свободной энергии системы. Линейные размеры домена $10^{-2} - 10^{-3}$ мм.

Переходной слой, разделяющий два домена, называют «стенкой Блоха». В пределах такого слоя происходит постепенное изменение ориентации спинов. Толщина «стенки Блоха» может достигать несколько сот межатомных расстояний (например, в железе около 100 нм).

Для объяснения магнитного гистерезиса предполагается наличие динамических границ доменов, которые под действием внешнего магнитного поля могут смещаться или поворачиваться.

Актуальность исследований. Так как большинство металлов, металлических плёнок толщиной, измеряемой нанометрами, а также металлических порошков с зернистостью 1-100 нм (наночастиц) в композициях со стёклами, керамикой, клеями, графитом поликристаллы, то для объяснения их механизмов электропроводности и МИО необходимо учитывать доменную структуру.

Особую роль в объяснении многих свойств играют физические процессы, происходящие в межкристаллитной области металла. Диффузия инородных атомов, в том числе и кислорода, в межкристаллитную область происходит на несколько порядков интенсивней, чем в другие области металла. Межкристаллитная диффузия кислорода приводит к ускоренному окислению (коррозии) и разрушению металла, увеличению рассеяния электронов и, соответственно к возрастанию его электрического сопротивления. Выделение второй фазы на межкристаллитных границах ухудшает механические свойства сплавов.

Межкристаллитные области вещества играют важную роль в тонких (менее одного миллиметра) металлических плёнках, используемых в микроэлектронике в качестве омических и выпрямляющих контактов. Металлические порошки с зернистостью 1-100 нм (наночастицы) обуславливают высокую реакционную способность в композициях со стёклами, керамикой, клеями, графитом, в том числе при их спекании.

Разделение магнитных веществ на металлы, неметаллы и ферриты во многом определяется геометрическими размерами и электрическим сопротивлением межкристаллитной области.

Целью данной работы является показать общность физических процессов, обусловленных донорно-акцепторной рекомбинацией (ДАР) неравновесных носителей заряда, захваченных на доноры и акцепторы, расположенные на границах доменов в межкристаллитной области при объяснении механизмов электропроводности и магнитных свойств материалов. ДАР в межкристаллитной области позволяет объяснить механизм воздействия МИО на свойства металлов. МИО может являться важным инструментом в микроэлектронике и нано технологиях. В этом состоит актуальность представленных исследований.

Постановка задачи. Известная теория электропроводности и магнитных свойств металлов [3]:

- недостаточно учитывает влияния на электропроводность металлов кристаллитов (неоднородностей и включений), наблюдаемую экспериментально;
- не объясняет существенное возрастание электрического сопротивления металлов в низкочастотных электрических полях (до 1 кГц) с увеличением частоты тока.
- не учитывает влияния возможной ДАР неравновесных носителей заряда на границах между доменами;
- экспериментально используемые слабые магнитные поля недостаточны для обратимого изменения размеров и поворота доменов с размером (10^{-3} - 10^{-2}) см, используемые в теории;
- отсутствует механизм воздействия МИО на свойства металлов.

Для исправления указанных недостатков в теории нами предлагается дополнить её механизмом ДАР неравновесных носителей заряда между доменами. Расстояние между

донорами и акцепторами на границах доменов равно 1-100 нм, что соответствует размерам межкристаллитных областей в металле, используемых для объяснения их электропроводности. Толщины «стенки Блоха», используемой для объяснения магнитных свойств материалов, также соответствует таким размерам.

Решение задачи. Объединяя выражения (1-4) получим выражение, позволяющее исправить указанные выше недостатки теории:

$$\sigma = \frac{\frac{nq^2\tau\sigma_{\phi_0}}{m^*} \left(\frac{273}{273+T} \right)}{\left(\omega L \sqrt{1 + \frac{R^2}{\omega^2 L^2}} \right) \cdot \left(1 - \frac{c \cdot N_a}{N_d} \exp(-W_f(N_a - N_d)t) \right)}$$

На участие ДАР неравновесных носителей заряда в механизмах электропроводности и магнитных свойств материалов, указывает тот факт, что перекрытие волновых функций электронов является обязательным условием не только ДАР, но и ферромагнетизма.

Выводы. Предложенная в статье модель объясняет результаты воздействия на ферромагнетики магнитно-импульсной обработки и образования в них намагниченности. В модели используется рекомбинация носителей заряда в донорно-акцепторных парах, расположенных на границе доменов. При этом исключается, используемый в литературе сомнительный механизм, включающий изменение размеров и поворот в достаточно слабых магнитных полях доменов, имеющих размеры (10^{-3} - 10^{-2}) см.

Предложенная в работе модель объясняет также существенное возрастание электрического сопротивления металлов в низкочастотных электрических полях (до 1 кГц) с увеличением частоты тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х т. – М. : Наука, 1982. Т.2. С. 104-106, 229-231; Т.3. С. 192-206.
2. Богданов А.В., Малыгин Б.В., Бень А.П., Коновалов М.Ю. Влияние параметров МИО на донорно-акцепторную рекомбинацию носителей заряда в неупорядоченных структурах. // Науковий вісник ХДМІ: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ВНЗ «ХДМІ», 2011. – № 2(5). – С. 93-101.
3. Богданов А. В. К механизму магнитно-импульсной обработки ферромагнетиков. // Магнитно-импульсная обработка (МИО) доменных структур.- Издательский дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – С. 74-82.

РОЗРОБКА ЕПОКСИДНИХ МАТРИЦЬ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ТРИБОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Букетов А.В., Браїло М.В., Зінченко Д.О., Нігалатій В.Д.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Актуальним питанням сучасної промисловості є проблема надійності та довговічності деталей та механізмів, у тому числі на полімерній основі. Однією з важливою характеристикою надійності таких матеріалів є зносостійкість. Тому перспективним і актуальним є створення матеріалів з поліпшеними трибологічними властивостями. У роботі для дослідження трибологічних властивостей було використано попередньо розроблені наступні епоксидні матриці:

– матриця на основі епоксидної смоли CHS-Ероху 525 ($q = 100$ мас.ч.) і твердника поліетиленполіаміну (ПЕПА) ($q = 10$ мас.ч.), сформована при температурі зшивання $T = 433$ К (матриця 1);

– матриця на основі епоксидної смоли CHS-Ероху 525 ($q = 100$ мас.ч.) і твердників: ПЕПА + Telalit 410 ($q_1 + q_2 = 5 + 5$ мас.ч.), сформована при температурі зшивання $T = 433$ К (матриця 2).

Дослідження проводили в умовах сухого тертя на випробувальній машині серійного виробництва 2070 СМТ-1 за схемою «диск-колодка». Питоме навантаження становило $p = 1$ МПа, а швидкість ковзання $v = 0,5$ м/с та $v = 1,0$ м/с. Випробувальний шлях тертя зразків становив 10 000 м (при $v = 0,5$ м/с) та 20 000 м (при $v = 1,0$ м/с).

Мета роботи. Дослідити трибологічні властивості епоксидних матриць для формування композитів з підвищеними трибологічними характеристиками.

Результати досліджень та їх обговорення. На основі отриманих експериментальних даних встановлено, що при швидкості ковзання $v = 0,5$ м/с матриця 2, сформована на основі епоксидного олігомеру і двох твердників у комплексі, має коефіцієнт тертя нижчий ($f = 0,39$), порівняно з матрицею 1, яка сформована на основі епоксидного олігомеру і твердника ПЕПА ($f = 0,43$). Аналогічну тенденцію спостерігали, аналізуючи результати дослідження тих же матеріалів при швидкості обертання контртіла $v = 1,0$ м/с. При цьому встановлено нижчі показники досліджуваних характеристик обох матриць, порівняно з аналогічними властивостями, отриманих при терті матеріалів за швидкості $v = 0,5$ м/с. Необхідно зазначити, що після припрацювання стабілізується робоча температура тертя матеріалів. Встановлено, що за швидкості ковзання $v = 1$ м/с температура зразків на $\Delta T = 10$ К нижча, порівняно із температурою КМ, досліджених за швидкості ковзання $v = 0,5$ м/с. Разом з тим слід зауважити, що шлях припрацювання матриці 1 за швидкості ковзання $v = 1$ м/с становить $l = 3900 \dots 4100$ м, що у два рази більший за аналогічний шлях для матриці 2 ($l = 1800 \dots 2000$ м). Для підтвердження отриманих результатів додатково досліджували поверхню контакту матеріалів після тертя за допомогою методу оптичної мікроскопії при збільшенні у $\times 100$ та $\times 200$ разів. Результати досліджень методом оптичної мікроскопії підтверджують наведені вище теоретичні положення і експериментальні випробування.

Висновки. Встановлено, що епоксидна матриця на основі епоксидної смоли CHS-Ероху 525 ($q = 100$ мас.ч.) і твердників: ПЕПА + Telalit 410 ($q_1 + q_2 = 5 + 5$ мас.ч.), сформована при температурі зшивання $T = 433$ К, має поліпшені трибологічні властивості, порівняно з матрицею на основі епоксидної смоли CHS-Ероху 525 ($q = 100$ мас.ч.) і твердника поліетиленполіаміну (ПЕПА) ($q = 10$ мас.ч.), за рахунок швидкого її припрацювання у трибопарі. Розроблена епоксидна матриця відзначається наступними показниками трибологічних властивостей: момент тертя $M = (1,8 \dots 2,1) \text{ Н} \times \text{м}$, коефіцієнт тертя $f = 0,35 \dots 0,41$, робоча температура $T = 312 \dots 319$ К, інтенсивність зношування $I_m = 1,3 \dots 1,8$ мг/км, шлях припрацювання $l = 1800 \dots 2100$ м.

ІНДУКЦІЙНИЙ НАГРІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ РЕМОНТУ. ПРИНЦИПОВІ ВІДМІННОСТІ ТА МОЖЛИВІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ

Гнатов А.В., Чаплигін Є.О., Сабокар О.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Україна)

Вступ. Індукційний нагрів (ІН) – відоме фізичне явище, яке часто застосовується у багатьох технологіях, де необхідно виконувати швидкий локальний нагрів металевих об'єктів до високих температур з метою їх подальшої обробки. Це явище базується на генерації джерела Джоуль-Ленцевої теплоти в металі об'єкта за рахунок струмів Фуко, які індукуються зовнішнім змінним електромагнітним полем. Так як, за фізичною суттю, такий нагрів не стаціонарний у часі, а максимальні температури нагріву залежать не від джерела сторонньої енергії, а від якісних показників акумуляції тепла, що генерується, починаючи з 1930 р. вперше почали застосовувати індукційний нагрів для плавки металів у великих об'ємах. Окрім індукційної плавки металів, так названий наскрізний нагрів, починаючи з 1947р. у промисловості широко застосовується поверхневий нагрів для виконання поверхневого гартування та відпуску металевих об'єктів [1,2]. Тогочасну пріоритетність даного напрямку розвитку згадуваних технологій, підтверджує велика кількість наукових праць, таких як серія «Бібліотека високочастотника – термиста» з авторами Богдановим В.Н. і Рискіним С.Є., в яких достатньо докладно наведені результати аналітичних розрахунків та експериментально отриманих опитних даних, необхідних для технічної реалізації установок індукційного нагріву та організації самого процесу нагріву.

На цей час фірмами: ООО «ЭЛИСИТ», «МЕТАЛЛКРАФТ» тм., «NORDEX» та ін. виконується виробництво та поставка потужних установок індукційного нагріву у промислових масштабах. Докладний опис принципу роботи таких установок та їх технічної суті, вказані в періодиці [3-4], де описується принцип синтезу силових модулів, критерії та алгоритми вибору оптимальних параметрів елементної бази.

Актуальність досліджень. Швидка і своєчасна модернізація будь-яких технологічних процесів, слугує запорукою успішного розвитку та утримання на ринку тієї чи іншої галузі виробництва або сервісу. Альтернативним, є використання вище описаного явища при виконанні технічного обслуговування автомобіля. За допомогою установок індукційного нагріву можна прискорювати демонтажні роботи, такі як розігрів болтових з'єднань, складних клеєних частин, зняття лакофарбового покриття. Окрім іншого, реалізація локального сильнострумовевого нагріву кузовний поверхні автомобіля, дає можливість виконувати усунення вм'ятин, не обумовлених розтягуванням металу, шляхом ослаблення внутрішніх напруженостей в металі. Ідея використовувати попередній індукційний нагрів, так само, в технологіях магнітно-імпульсної обробки металів була запропонована ще в 1984р. [5]. Авторами пропозиції була розроблена і створена система, яка ініціює протікання струму в обмотці робочого інструмента до моменту силового впливу. Попередній індукційний нагрів дозволяв істотно підвищити ефективність магнітно-імпульсного деформування в цілому.

Постановка задачі:

- коротко розглянути особливості альтернативного застосування ІН;
- аналіз структурної схеми джерела потужності для ІН та розкриття суті роботи вузлів схеми.

Індукційний нагрів. В технологіях ремонту, застосування ІН дозволяє підвищити якість рішення широкого кола задач, а саме: демонтаж різьбових з'єднань; зняття лакофарбового покриття; виконання поверхневого, безконтактного рихтування елементів корпусу автомобіля.

До проблеми виконання демонтажу різьбових з'єднань, можна віднести її неможливість у разі присутності значних корозійних змін різьбових контактних шарів. У більшості випадках, таке з'єднання зрізається або розігрівається зовнішнім відкритим джерелом тепла (паяльна лампа або фен) і відкручується. В свою чергу, використання таких допоміжних пристроїв небезпечно для самого робітника і загалом неприпустимо за правилами техніки безпеки. Альтернативна технологічна операція полягає в наступному: робітник підносить спеціально виконаний інструмент – індуктор до області нагріву і вмикає установку на короткий час, після чого виконує демонтаж. Фізика процесу полягає у тому, що ІН є нерівномірний в зоні дії полів індуктора, тому лінійне теплове розширення металу теж є нерівномірним. За рахунок цього відбувається механічне і теплове руйнування корозійного шару з'єднання, що полегшує його демонтаж. Застосування ІН в цій ситуації нівелює чинник безпеки і підвищує ефективність робіт за рахунок наступних переваг:

- відсутність відкритого джерела тепла;
- безпечні температури нагріву самого інструмента – індуктора;
- можливість на апаратному рівні контролювати швидкість та інтенсивність нагріву.

Ще одним з можливих застосувань ІН є зняття лакофарбового покриття. Стандартний метод полягає в пошаровому механічному зніманні покриття із використанням спеціальних шліфувальних машин. Значною вадою такого способу, як відомо, є велика кількість мілкового шкідливого пилу, що викликає ураження дихальних шляхів робітника, а сам процес є довготривалим і вимагає певних фізичних зусиль робітника, особливо у випадках, коли поверхня, що зачищається не є плоскою. Використання ІН, у цьому випадку, підвищує безпечність, швидкість і простоту виконання робіт. Інструментом – індуктором спеціальної форми виконується незначний рівномірний поверхневий нагрів металу, що призводить до послаблення клейких утримуючих властивостей шару між покриттям і власне металом, і робітник, без особливих зусиль знімає шар фарби шпателем або іншим ручним засобом. У такий спосіб не завдається ушкоджень поверхні металу, а безпечність технології не вимагає високої кваліфікації робітника.

Найбільш цікавим, залишається альтернативне застосування ІН в технологіях поверхневого рихтування неглибоких вм'ятин у металевому корпусі. На рис.1. докладно пояснена суть цього методу.

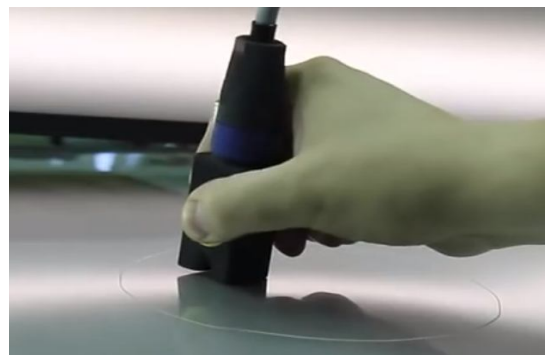
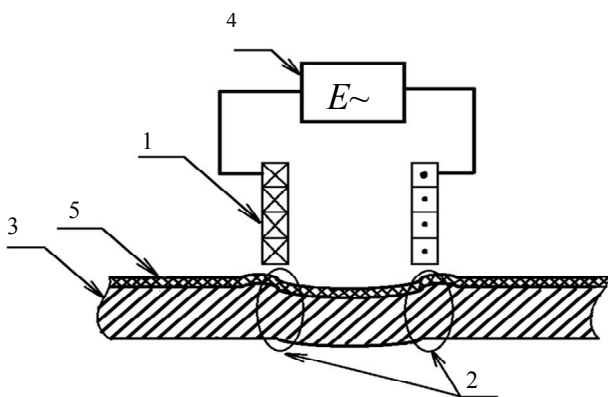


Рисунок 1 – Видалення вм'ятин (ліворуч – схема методу, праворуч – фізична реалізація)

У випадку якщо викривлення поверхні 3 рис. 1 не обумовлено розтяганням металу, то можливо видалити дефект без пошкодження поверхневого лакофарбового шару 5 рис. 1. Інструмент – індуктор 1 розміщується в області викривлення і виконує нагрів. За рахунок послаблення наявних напруженостей в металі, які власне і утворюють викривлення, відбувається усадка металу в області 2 рис. 1. Таким чином зберігається

цілісність поверхневого захисного шару і виключається необхідність у класичному видалення вм'ятини за допомогою спотерів або інших механічних важільних конструкцій.

Джерело змінної напруги. В системі ІН виділяють дві складові які суттєво впливають на якість роботи. Ними є індуктор – інструмент і власне джерело змінної напруги. Не акцентуючи увагу на інструментах, слід лише зазначити, що результатом досліджень у цьому напрямку є отримання найбільш оптимальних конструкцій індукторів за для забезпечення максимального коефіцієнту передачі енергії.

Не менш значущим є дослідження в області вибору структурного рішення джерела напруги, суттєвими показниками якого є потужність, ККД і звичайно вартість. На сучасному етапі розвитку елементної бази в електроніці, вже не стоїть питання, як саме зробити джерело змінної напруги високої частоти, а як спроектувати систему, щоб її ресурси використовувались з максимальною вигодою. Тим самим зменшуючи її вартість і підвищуючи її доступність і конкурентоздатність.

Сьогоднішній ринок можна вважати достатньо наповненим пропозиціями різноманітних джерел напруги. Однак розглядаючи наявну пропозицію (виробники вказані в огляді), можна сказати, що системи ІН для промислових цілей відрізняються високою потужністю, від 10кВт, складністю виконання системи і звичайно високою вартістю.

З метою зниження собівартості системи ІН для ремонтних технологій, авторами була запропонована структурна схема джерела змінної напруги високої частоти рис. 2, робота якої відповідає вимогам ефективного ІН, а саме невеликі габаритні показники, зменшена потужність до 2-4 кВт, та адаптованість у застосування для ремонтних технологій.

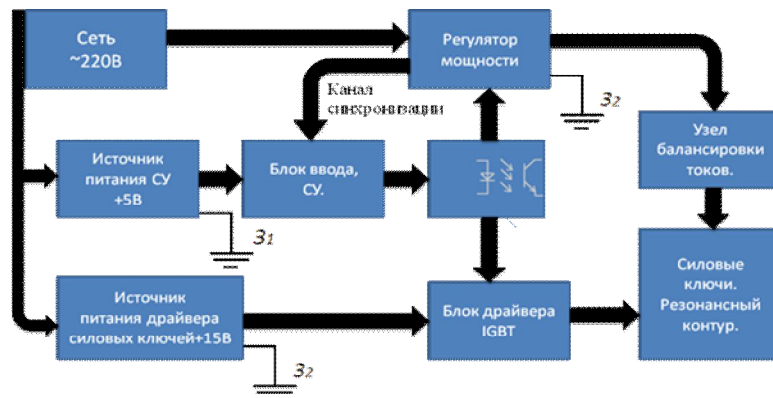


Рисунок 2 – Структурна схема джерела змінної напруги

Відповідно до рис. 2 джерело змінної напруги повинно мати:

- два гальванічно розв'язаних джерел живлення для системи керування і блока драйверів силових ключів;
- основний регульований блок живлення силового кола;
- блок забезпечення гальванічних розв'язок кіл керування та високо струмових ліній;
- блок вводу/виводу основних параметрів та цифрова системи керування;
- за необхідності, блок балансування струмів;
- блок резонансного контуру.

Набір перелічених вузлів є мінімально необхідний і задовольняє оптимальні вихідні показники системи ІН.

Розглянемо роботу деяких із вузлів системи на рис. 2.

Резонансний контур, окремо зображений на рис.3. формується із індуктора – інструмента, який підключається до установки ззовні. У поєднанні з паралельно підключеною ємністю і транзистором VT1 власне утворює коло перетворювача частоти.

При чому, за для полегшення умов комутації транзистора, частота його роботи обирається відповідною до власної частоти коливань LC контуру.

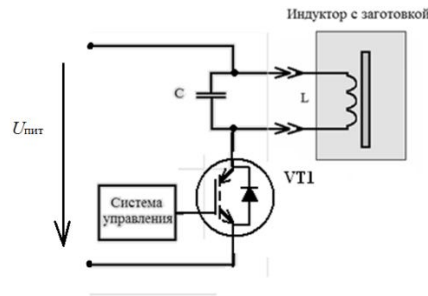


Рисунок 3 – Резонансний контур

Така схемна реалізація є найбільш економічно вигідною, так як не потребує складних додаткових електронних вузлів окрім драйвера транзистора. Ще один позитивний ефект від такого рішення, це наявність режиму холостого ходу. У випадку, коли система запущена без навантаження, тобто генерується струм в індукторі, але сам індуктор не виконує нагрів, потужність, що споживається із мережі мінімальна і за належного вибору резонансної частоти, може бути на рівні живлення інших не силових вузлів.

Блок регулятора потужності, рис. 2, або основний регульований блок живлення силового кола забезпечую необхідний рівень вихідної потужності яка споживається резонансним колом і виділяться в об'єкті у вигляді тепла. Він може мати різні схеми технічної реалізації, як фазний регулятор так і високочастотний понижаючий ВУСК-конвертор. Основною його відмінністю є синхронізованість роботи з блоком системи керування, і можливість реалізації ним функції задатчика інтенсивності, результат роботи якого зображено на рис. 4.

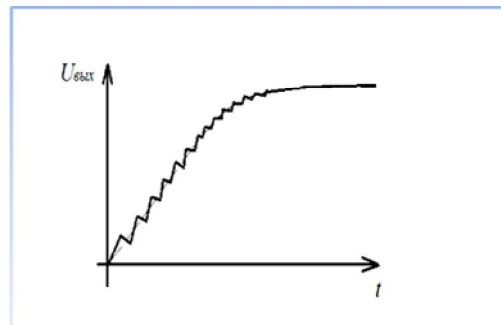


Рисунок 4 – Вихідна функція задатчика інтенсивності

Як відомо із практики, критичними режимами роботи силових схем, можуть бути режими максимального вихідного навантаження, або перехідні режим роботи (для запропонованої схеми момент перших комутацій транзистора) коли можлива поява короткочасних ударних струмів високої амплітуди які виводять з ладу напівпровідникові елементи. Боротьба з останніми може полягати у встановленні більш потужних напівпровідників, що значно здорожує систему, проектуванні складних схемотехнічних рішень які б не шкодили якості роботи системи, або за можливості, нівелювати проблему програмним рішенням. У нашому випадку, коли блок живлення синхронізован із цифровим блоком керування, слушним рішенням буде програмування функції задатчика інтенсивності регулятора напруги. Як видно з рис.4. таким способом можна досягти швидкого, але поступового виходу системи ІН на заданий рівень потужності виключаючи появу негативних імпульсних перехідних процесів.

На рис. 5 приведено зовнішній вид джерела змінної напруги для системи індукційного нагріву, що побудований за вище описаними принципами.



Рисунок 5 – Зовнішній вид джерела змінної напруги

Висновки

1. Розглянуто традиційне застосування індукційного нагріву.
2. Запропонована і докладно описана область альтернативного застосування систем індукційного нагріву в технологіях ремонту, таких як демонтаж різьбових з'єднань, знаття лакофарбового покриття, а також видалення неглибоких вм'ятин в металевих корпусних поверхнях.
3. Наведено огляд існуючої пропозиції установок індукційного нагріву.
4. Запропонована альтернативне схемне рішення для побудови складової системи індукційного нагріву – джерела змінної напруги високої частоти, що матиме мінімальну вартість за рахунок спрощення схеми і максимального використання його ресурсу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слухоцкий А.Е., Установки индукционного нагрева // Ленинградское издание. Энергоиздат. Л.:1981. -330с.
2. Богданов В.Н., Рыскин С.Е., Применение индукционного сквозного нагрева в промышленности. //Изд. «Машиностроение». М.-Л.:1965. -96с.
3. Вилиулина З., Зинин Ю., Проектирование тиристорного инверторно-индукторного закалочного комплекса с выходным трансформатором. // Пер. изд. «Силовая Электроника», №3'2007
4. Преобразователь для индукционного нагрева концов заготовок под пластическую деформацию и объемно-поверхностной закалки шлицевых валов. // Пер. изд. «Силовая Электроника», №3'2008
5. Белый И.В., Горкин Л.Д., Хименко Л.Т., Деформирование металлов импульсным электромагнитным полем с предварительным индукционным нагревом заготовок. //Кузнечно-штамповочное производство. М:1984. №7. – с.6-8.
6. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И. Магнитно-импульсная обработка тонкостенных металлов. –Т.2. – Харьков: МОСТ-Торнадо, 2002.- 288 с.
7. Induction innovations inc. MINI-DUCTORII // Матеріали сайту – 2013. – Режим доступу: <http://www.theinductor.com>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОБТЕКАНИИ КОМПАКТНЫХ ПОПЕРЕЧНО ОБТЕКАЕМЫХ ГЛАДКОТРУБНЫХ ПУЧКОВ

Горобец В.Г., Троханяк В.И.

Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины
(Украина, г. Киев)

Богдан Ю.А.

Киевская государственная академия водного транспорта
имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Украина)

Введение. Развитие мирового судостроения в условиях существующей проблемы рационального и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, вызывает необходимость совершенствования энергетических установок, что в свою очередь приводит к разработке и проектированию компактных теплообменных аппаратов (ТА) повышенной эффективности. Наиболее широкое распространение получили рекуперативные кожухотрубные ТА, а одним из перспективных путей создания таких ТА является интенсификация теплообмена с одновременным улучшением массогабаритных показателей. Осуществление движения теплоносителей по наиболее оптимальному пути в межтрубном пространстве возможно за счет компактной, оптимальной компоновки поперечно обтекаемых пучков труб малого диаметра.

Актуальность исследований. Исследованиям процессов гидродинамики и теплообмена при поперечном обтекании гладкотрубных пучков различной геометрии и компоновки посвящено множество научных работ [1,2]. Однако, мало изученными остаются процессы тепломассопереноса и гидродинамики в предельно сжатых пучках труб при отсутствии зазора между соседними трубами в направлении течения теплоносителя. Поэтому исследования направленные на изучения этих процессов для предельно сжатых пучков труб, используя методы численного моделирования, представляют собой актуальную научно-техническую задачу. Одним из эффективных методов решения таких задач для трубных пучков различной геометрии с последующей оценкой их эффективности является использование компьютерного моделирования в программном комплексе ANSYS.

Постановка задачи. Задачей исследований является разработка новой конструкции кожухотрубного ТА с компактным размещением труб в пучке, оценка их теплогидравлической эффективности основанной на результатах предварительного моделирования процессов тепло- и массопереноса в каналах теплообменника.

Результаты исследований. Предметом исследований являются процессы тепломассопереноса в предельно сжатых пучках труб (трубки соприкасаются в направлении движения теплоносителя), коридорной компоновки при поперечном их обтекании. Геометрия отдельного канала рассматриваемых пучков труб изображена на рис. 1. В одном ряду пучка содержится 42 трубки (высотой $h = 1$ м для всех конструкций), которые разделены между собой технологическим зазором, как показано на рис. 1.

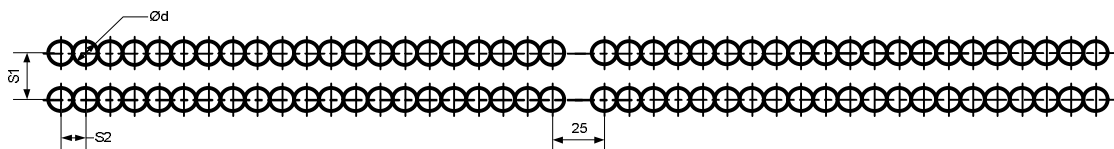


Рисунок 1 – Геометрия канала пучков труб

Компьютерное моделирование гидродинамических процессов и процессов переноса теплоты в каналах исследуемых пучков труб проводилось с помощью программного пакета ANSYS Fluent. Математическая модель включает в себя систему

уравнений Навье-Стокса, уравнение переноса энергии для конвективных течений и стандартную $k-\varepsilon$ модель турбулентности.

Численные расчеты в исследуемых каналах пучков труб проведены для 9 конструкций (менялись поперечное межтрубное расстояние $s = 5, 7, 9$ мм и диаметр трубок $d = 8, 10, 12$ мм) при значении числа Рейнольдса $Re = 7085$. В качестве теплоносителя приняты отработанные газы (горячий теплоноситель) с температурой на входе 470 °C, которые протекают в каналах пучка труб. Температура стенок труб принималась постоянной, однако менялась для каждой секции по мере продвижения теплоносителя (первая секция 75 °C, вторая 34 °C). Подобные условия имеют место, например, в многоходовых ТА – утилизаторах теплоты отработанных газов для когенерационных установок при схеме движения теплоносителей – перекрестный ток.

В результате расчетов получены поля скоростей, температур и давлений в каналах трубного пучка для каждой из конструкций. Анализируя полученные результаты можно отметить, что с изменением поперечного шага от меньшего к большему значению, температура ОГ на выходе из каналов повышается, а значения скорости и перепада давления уменьшаются.

Для оценки теплообменной поверхности с энергетической точки зрения использовался коэффициент теплогидравлической эффективности $E = Q/N$ (критерий М.В. Кирпичева) [3], а для сравнения значений энергетической эффективности различных по геометрии поверхностей теплообмена использовался фактор аналогии Рейнольдса

(ФАР) [4] в виде соотношения $\Phi AP = \frac{Nu/Nu_0}{f/f_0}$, который характеризует соотношение

интенсификации теплообмена к росту потерь давления. В качестве эталонных (обозначенных индексом «0») в приведенных соотношениях используются значения числа Нуссельта Nu_0 и коэффициента гидравлического сопротивления f_0 для плоского канала с гладкими стенками при тех же числах Re .

На рис. 2 и 3 показаны полученные зависимости для усредненного коэффициента теплоотдачи $\bar{\alpha}$ и числа Нуссельта $Nu = \bar{\alpha}d/\lambda$ с газовой стороны (по поверхности пучка труб) от геометрии пучка.

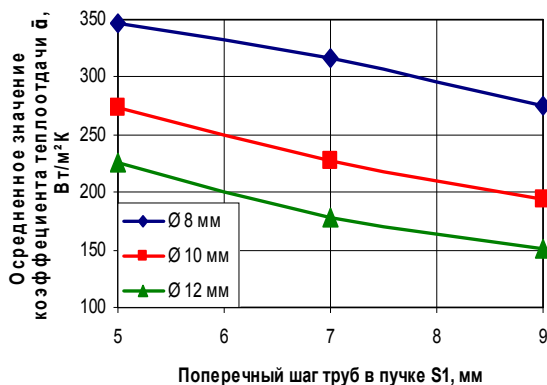


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента теплоотдачи от геометрии пучка

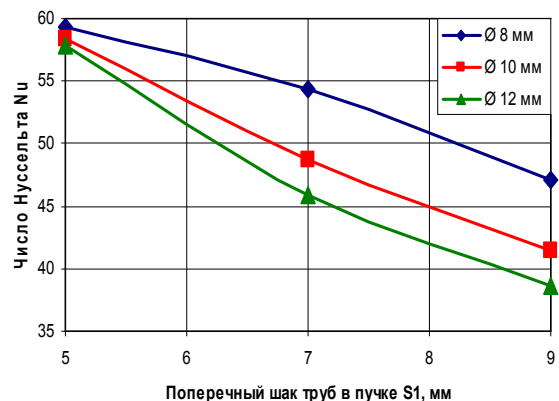


Рисунок 3 – Зависимость числа Нуссельта от геометрии пучка

На рис. 4 и 5 приведены зависимости чисел Нуссельта Nu/Nu_0 и коэффициентов гидравлического сопротивления в межтрубном канале f/f_0 , отнесенных к соответственным значениям этих величин для гладкого канала (обозначенных индексом «0»), а также фактора аналогии Рейнольдса (ФАР) и теплогидравлической эффективности E от геометрии пучка труб.

Как видно из рис. 4 значения отношений чисел Нуссельта растут по мере уменьшения шага и уменьшения диаметра трубок, а значения коэффициентов трения на

поверхности стенки трубок и ФАР соответственно снижаются при увеличении шага и диаметра трубок. В исследуемых каналах достигается увеличение коэффициента теплообмена на поверхности трубного пучка по сравнению с гладким каналом до 2 раз. В тоже время, как следует из рис. 5, теплогидравлическая эффективность при уменьшении шага и диаметра трубок вследствие роста гидравлических сопротивлений падает.

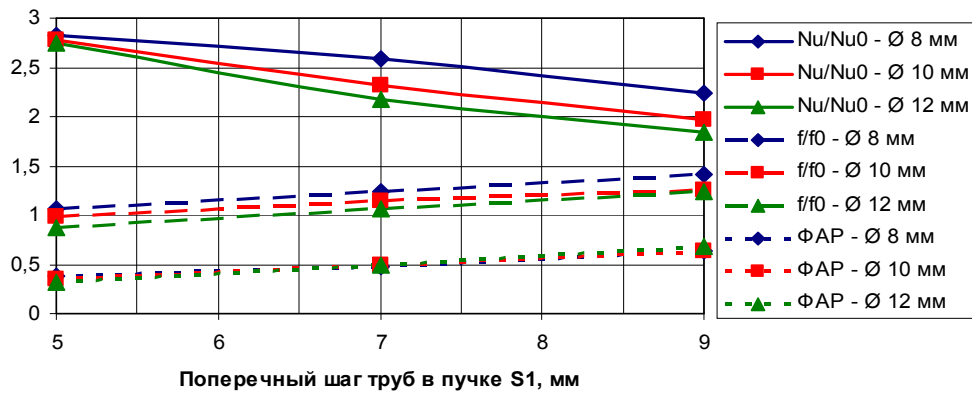


Рисунок 4 – Относительные величины чисел Нуссельта, коэффициентов трения и фактора аналогии Рейнольдса для различной геометрии трубных пучков

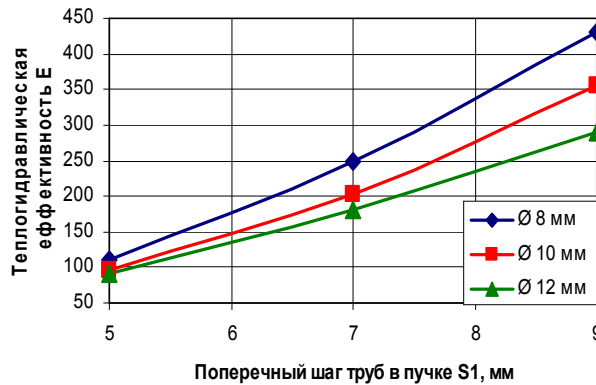


Рисунок 5 – Зависимость теплогидравлической эффективности от геометрии пучка труб

В результате анализа полученных зависимостей можно сделать вывод, что наиболее эффективной конструкцией по интенсивности теплообмена является пучок труб с поперечным шагом 5 мм и диаметром 8 мм. Осредненные значения коэффициента теплоотдачи $\bar{\alpha}$ для этой поверхности в 1,5 раза превышают соответствующие значения $\bar{\alpha}$ для пучка труб с диаметром 12 мм и поперечным шагом 17 мм и в 2,5 раза превышают соответствующие значения $\bar{\alpha}$ для пучка труб с диаметром 12 мм и поперечным шагом 21 мм. При этом достигается значительное уменьшение температуры охлаждаемого теплоносителя на выходе из канала. Аэродинамическое сопротивление с уменьшением поперечного шага расположения трубок в пучке растет, но в абсолютном значении падения давления не наблюдается и это не вызывает существенного роста противодавления на выхлопе двигателя, что важно при проектировании ТА для когенерационных установок. Также необходимо отметить, что конструкция предельно сжатых пучков труб при отсутствии зазора между соседними трубами поперечно обтекаемого гладкотрубного пучка с коридорной компоновкой по массогабаритным показателям в 1,5÷2 раза меньше по сравнению с конструкцией традиционных пучков труб при коридорной их компоновке. Предложенный компактный пучок труб легко доступен и прост в эксплуатации, что очень важно при работе с загрязненным теплоносителем, например, ОГ двигателя внутреннего сгорания.

Выводы

1. Проведено компьютерное моделирование процессов тепло- и массопереноса в каналах для предельно сжатых поперечно обтекаемых гладкотрубных пучков с коридорной их компоновкой и различной геометрии пучков при отсутствии зазора между соседними трубами в направлении движения теплоносителя используя программный комплекс ANSYS Fluent. Получены поля скоростей, температур и давлений в исследуемых каналах, проанализировано условия гидродинамического течения в них и проведена оценка интенсивности теплопереноса между теплоносителями через стенку, которая их разделяет.

2. Проведен сравнительный анализ теплогидравлической эффективности для каналов с разным поперечным шагом расположения трубок, различным диаметром трубок и показано, что предложенные конструкции являются достаточно эффективными при существенном снижении массогабаритных показателей теплообменной поверхности.

3. Предложены новые эффективные конструкции пучков труб и показана перспективность их применения при конструировании теплообменников различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукаускас А.А., Улинскас Р.В. Теплоотдача поперечно обтекаемых пучков труб / А.А. Жукаускас, Р.В. Улинскас. – Вильнюс: Москлас, 1986. – 204 с.

2. Goel M.K., Gupta S.N. Effect of tube bank configuration and geometry on heat transfer coefficient for the flow of Newtonian and power law non-Newtonian fluids flowing across tube banks / M.K. Goel, S.N. Gupta // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Vol. 3, Issue 4, 2014. – p.1166-1172

3. Горобець В.Г. Теплогідравлічна ефективність поверхонь з інтенсифікаторами теплообміну та ребренням / В.Г. Горобець // Науковий вісник НУБіП України, 2010. – № 148. – С. 46–56.

4. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика около поверхности углублений (лунок) / А.А. Халатов. – К.: Ин-т технической теплофизики НАН Украины, 2005. – 140 с.

К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Груздев В.В.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Для общей сравнительной оценки сложных технических систем в процессе их функционирования, в качестве главного показателя эксплуатационной оценки принят коэффициент эксплуатационной надежности, который определяется выражением:

$$K_H = \frac{T_p - t_n}{T_p}, \quad (1)$$

где T_p – время эксплуатации системы (время наблюдения); t_n – время простоев системы на устранение ее неисправностей.

Полученные такими способами значения коэффициента эксплуатационной надежности системы не отражают, однако, действительного состояния испытываемого механизма.

Постановка задачи. По приведенным показателям эксплуатационной надежности все системы, если они имеют равные простои из-за неисправностей, одинаковы. На самом же деле они могут резко различаться по многим свойствам, и в первую очередь – по затратам, которые вынужден нести потребитель системы для получения требуемой величины K_H . Две системы нельзя считать одинаковыми при равном времени простоев, если в одном случае ее неисправность устраняют при помощи ручного инструмента (путем регулировки), а в другом – при помощи разнообразного сложного оборудования, и при замене изношенных деталей новыми.

Результаты исследования. Предлагаемые в некоторых работах так называемые ремонтные характеристики механизмов в форме пожеланий по взаимозаменяемости деталей, приспособленности к ремонтным операциям и т. п. малоэффективны, так как они не содержат критериев сравнительной оценки систем по соответствующим параметрам.

Так в работе [1] каждый материал характеризовался тем количеством энергии, которую может поглотить единица его объема до момента разрушения. При этом энергия, необходимая для разрушения малого, единичного объема данного материала есть величина постоянная, не зависящая от того, произошло разрушение однократным либо многократным нагружением. Тем не менее данная теория не нашла практического применения.

Рассмотрение многочисленных работ, посвященных износу [2, 3, 4, 5], показывает, что инженерных исследований износа систем в целом нет даже для тех случаев, когда износ отдельных элементов мог быть заранее изучен. Почти все исследователи износа занимаются только одной категорией элементов – деталями машин. Однако, данные по износу даже всех деталей не позволяют дать полноценную характеристику системы. Например, неудовлетворительное состояние смазки не выражает никакого износа отдельных элементов, но выражает определенный износ механизма. У функционирующей системы изнашиваются не только все ее отдельно существующие детали, но и такие элементы, как окраска, регулировка и пр.

На сегодня разработано и рекомендуется несколько методов определения износа ремонтнопригодных технических систем:

- метод оценки износа по техническому состоянию системы в целом;
- метод оценки износа по техническому состоянию отдельных элементов;
- метод оценки износа по сроку службы (или объему выполненной работы).

Метод оценки износа машины по техническому состоянию объекта в целом принципиально можно признать правильным, так как опытные эксперты в состоянии по результатам обследования механизма, используя знания закономерностей изменения состояния системы и ее отдельных элементов, дать правильную оценку ее износа. Однако с учетом увеличения сложности современных технических систем и субъективного подхода, вероятность правильности такой оценки будет недостаточной.

Метод определения износа сложных технических систем по сроку их службы (или по объему выполненной работы) также может найти лишь ограниченное применение ввиду большой неточности в определении этих сроков. Кроме того, такой метод может быть применим лишь для систем, имеющих равномерную нагрузку по времени и стабильные условия работы.

Метод определения износа механизмов по техническому состоянию ее конструктивных элементов считается основным и наиболее точным и обычно рекомендуется для оценки износа сложных систем, имеющих значительный срок эксплуатации.

Выводы. Если принять удельный вес элементов как отношение его стоимости к стоимости системы, то рассматриваемый метод расчета износа сложной системы может быть выражен простой математической зависимостью:

$$I_c = \gamma_1 I_1 + \gamma_2 I_2 + \dots + \gamma_n I_n = \sum_{j=1}^n \gamma_j I_j, \quad (2)$$

где j – порядковый номер элемента; n – количество элементов в системе; γ_j – удельный вес j -го элемента; I_j – износ j -го элемента.

Предложенный метод также позволяет выявлять искажения действительной картины износа при использовании его в многоэлементных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беренов Д.И. Расчет деталей на прочность. – М. : Машгиз, 1959. – 247 с.
2. Зайцев А.К. Трение, износ и смазка в машинах. – М.: Высшая школа, 1987. – 542 с.
3. Дьячков А. К. Трение и смазка в машинах. – М.: Машиностроение, 1984. – 279 с.
4. Проников А. С. Износ и долговечность станков. – М.: Машгиз, 1957. – 346 с.
5. Шахов А. В., Чимшир В. И. Моделирование жизненного цикла ремонтпригодных технических систем // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2003.- Вип. 6. –С. 170-185.

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ЧАСТИЦ ИЗНОСА

Денисов В.Г., Тымкив А.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

За последние годы в технике измерения и регулирования параметров различных процессов в самостоятельную отрасль выделилось изготовление и применение датчиков. Эта отрасль, постоянно развиваясь, служит основой создания разнообразных вариантов систем диагностики.

Наиболее ответственным элементом любой такой схемы является датчик, с помощью которого преобразуется информация о наличии частиц износа в системе смазки машин различного назначения, удобный для последующей регистрации и анализа данных. Если учитывать, что последующая регистрация и анализ будут проводиться с помощью электронной аппаратуры, то очевидна необходимость преобразования количества частиц износа в системе смазки, в электрический сигнал, тот или иной параметр которого (амплитуда, длительность и т.д.) однозначно был бы связан функциональной зависимостью с количеством частиц износа. В такой постановке задача определения количества частиц износа в системе смазки является типичной задачей измерения неэлектрической величины электрическими методами.

При выборе метода измерения количества частиц износа, в системе смазки компрессора, необходимо учитывать специфику его работы, причины выхода из строя и состав материалов пар трения.

Анализ отказов работы узлов и деталей судовых механизмов показал, что одной из причин выхода их из строя является износ.

В связи с этим особый интерес представляет динамика изменения количества частиц износа в системе смазки.

Для решения поставленной задачи целесообразно использовать в качестве первичного преобразователя датчик индуктивности. Частицы износа, попадая в поле датчика, будут увеличивать сигнал.

Этот принцип был использован при разработке датчика для определения скорости изнашивания узлов и деталей.

На рис. 1 приведен общий вид и схема регистрирующих приборов для определения скорости изнашивания узлов и деталей компрессора. Для индикации выходного сигнала могут применяться: стрелочные или цифровые измерительные приборы, самописцы и т.п.



Рисунок 1 – Общий вид датчиков и регистрирующих приборов

Для наладки разработанного прибора необходимо было изготовить эталоны с различным количеством металла. С этой целью на аналитических весах с точностью 0.0002г были приготовлены следующие навески: 0.5 мг, 1.0 мг, 5 мг, 10 мг, 20 мг, 30 мг, 40 мг, 50 мг, 75 мг, 100 мг, 125 мг, 150 мг, 175 мг, 200 мг.

На основании экспериментальных исследований был получен таррировочный график для каждого диапазона измерения, приведенный на рис. 2.

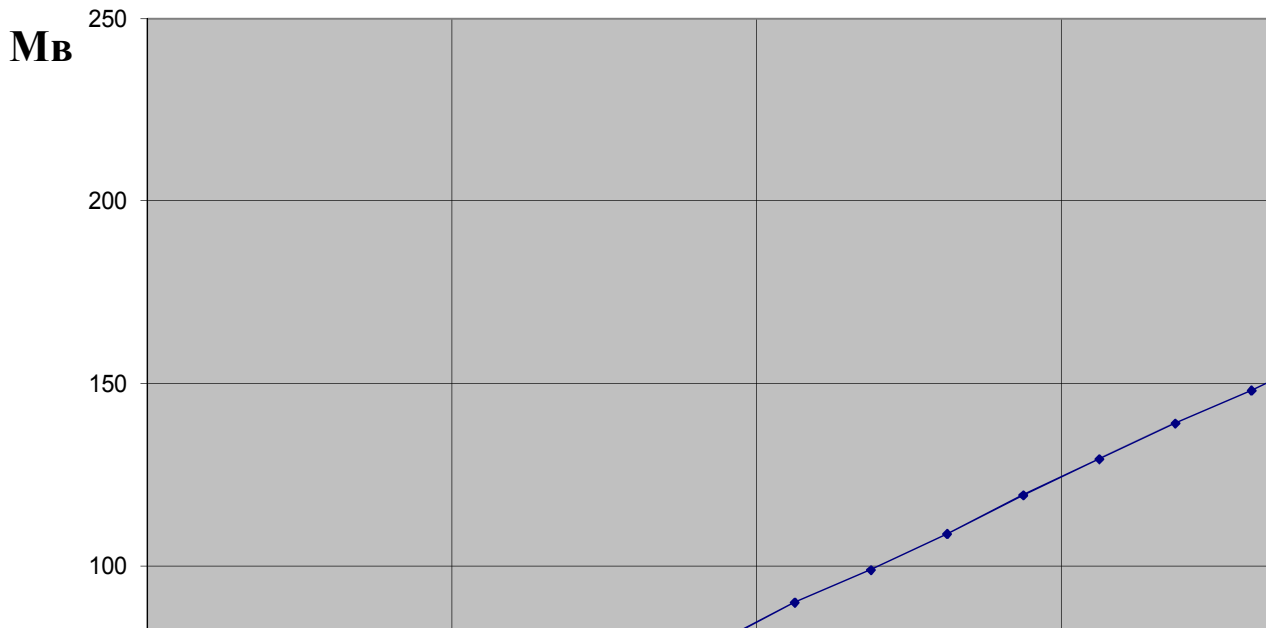


Рисунок 2 – Таррировочный график трибодиагностического прибора

Разброс значений при измерениях не превышал +2,5%.

С целью оценки точности и возможностей разработанного комплекса безусловный интерес представляло проведение лабораторных испытаний с использованием конкретного узла трения.

Для этого были проведены лабораторные испытания разработанного комплекса на серийно выпускаемой машине трения СМТ-1 по схеме «вал-частичный вкладыш» (рис.3).

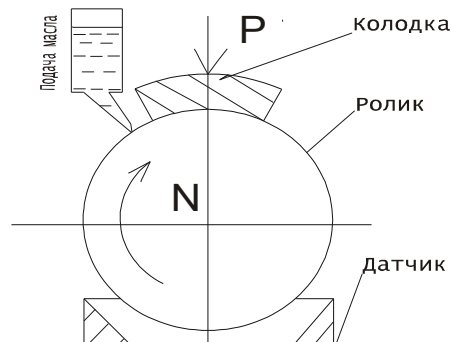


Рисунок3 – Разработанный комплекса на серийно выпускаемой машине трения СМТ-1

Испытания проводили в условиях граничного трения с использованием масла М10Г2 при нагрузках 10-100 кГ, числе оборотов ролика 200 об/мин. В качестве материалов для образцов использовались колодка - ст.45 в состоянии поставки; ролик - ст.45 с хромовым покрытием. Результаты фрикционных испытаний показали высокую эффективность использования разработанного комплекса для изучения динамики процессов изнашивания.

Интересные результаты были получены при исследовании влияния нагрузки на скорость изнашивания образцов. Так, при испытании колодки с хромовым покрытием получено (рис. 4.), что при увеличении нагрузки с 10 до 30 кГ износ образцов отсутствует. При нагрузке 50 кГ за время испытаний (12 мин) износ составил не более 1 мг. Однако при увеличении нагрузки до 100 кГ картина резко меняется. В этом случае, в связи с большой твердостью испытуемых образцов, приработка заканчивается после 8 мин испытания, а затем скорость изнашивания резко возрастает, что свидетельствует об

интенсивном протекании процесса изнашивания и схватывании контактирующих пар трения.

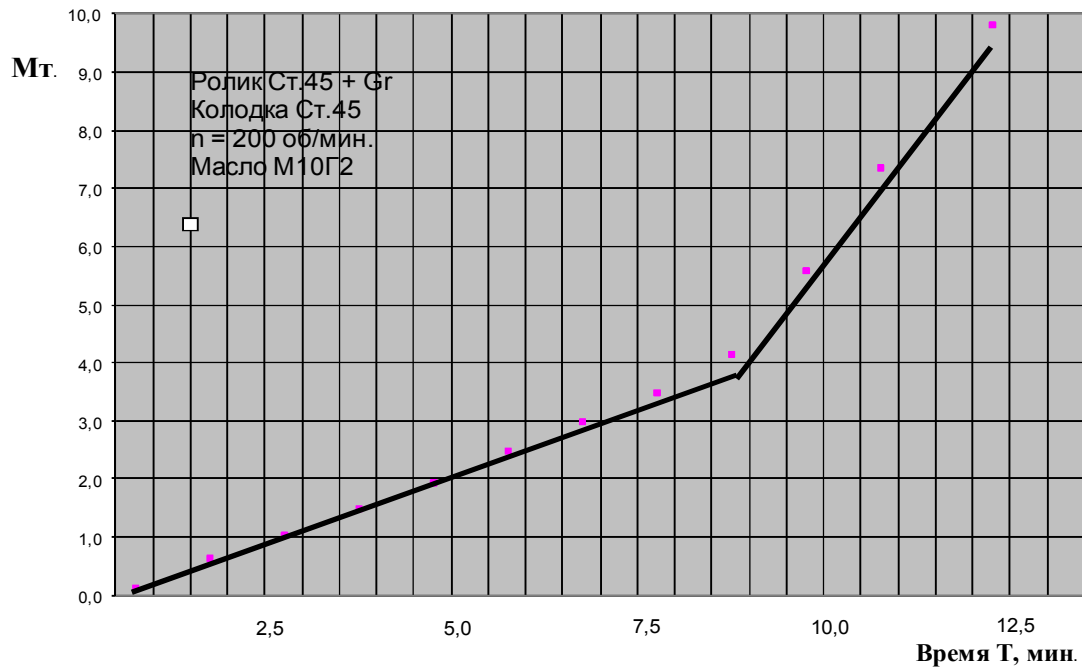


Рисунок 4 – Зависимость износа образцов от времени испытания

Особый интерес представляет сравнение показаний разработанного комплекса с результатами контрольного взвешивания на аналитических весах после испытаний колодки и ролика. Во всех случаях суммарный износ за время испытания колодки и ролика превышал показания регистрирующего прибора всего на 6-10%. По видимому, это обусловлено тем, что в процессе испытания не все частицы износа попадают в рабочий объем датчика, а частично уносятся вместе с маслом, которое незначительно разбрызгивается в результате вращения ролика. Учитывая это, для дальнейших испытаний будет разработано и изготовлено устройство, устраняющее этот недостаток. Полученные результаты позволяют проследить период приработки, период установившегося изнашивания и период катастрофического износа.

Таким образом, проведенные лабораторные испытания разработанного комплекса подтвердили высокую точность и наглядно продемонстрировали возможность его использования для трибодиагностики узлов и деталей машин различного назначения в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедеш В.Т., Харитонов Г.А., Матвеевский Б.Р. и др. «Технология контроля предаварийного состояния авиационного двигателя по содержанию металлов в рабочем масле и перспективы ее развития» V Международный научно-технический симпозиум «Авиационные технологии XXI века» 1999 г., г. Жуковский, РФ.
2. Matveevsky B.R., et al. «Friction diagnostics for car filling station compressors», GAS vehicles, A Special Reprt to Russian Gas Industry Magazine, 1997.
3. Денисов В.Г., Матвеевский Б.Р. «Контроль состояния узлов трения судовых двигателей в процессе эксплуатации», «Вестник машиностроения», №9, 1989, с.20-21.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНОВИХ ОПРІСНЮЮЧИХ УСТАНОВОК

Дулдієр О.П., Чепаліс І.В.

Одеська національна морська академія
(Україна)

Підвищення ефективності використання обмеженого запасу паливно – енергетичних ресурсів в суднових енергетичних установках пов’язано з вирішенням задач по вторинній утилізації тепла.

Фактори, що визначають ефективність технологічних схем утилізації низькопотенційної теплоти води в водоопріснюючих установках, пов’язані з тепловим потенціалом води в системі охолодження дизеля, втратами електроенергії на насосне обладнання та ремонтно-відновлювальними заходами, які визначити в явному вигляді неможливо.

Специфікаційні показники опріснювача – продуктивність, температура випаровування, питома витрата тепла, якість дистилату – гарантуються при виконанні умов, які на практиці істотно відрізняються від проектних.

Найбільш характерним є тривала зміна кількості тепла, що підводиться з забортною водою до опріснювача. Тому основні параметри схеми утилізації на розрахунковому режимі слід проводити з обов’язковим урахуванням впливу зниження температури забортної води на роботу опріснювача і насамперед на його продуктивність. Зниження кількості утилізованого тепла також залежить від характеру зміни параметрів системи охолодження.

В суднових умовах було виконано аналіз впливу зниження температури забортної води $t_{зв}$ на показники сучасного вакуумного опріснювача MIURA10WM-SK на переході порт – Касабланка (Марокко), порт - Усть Луга (Росія).

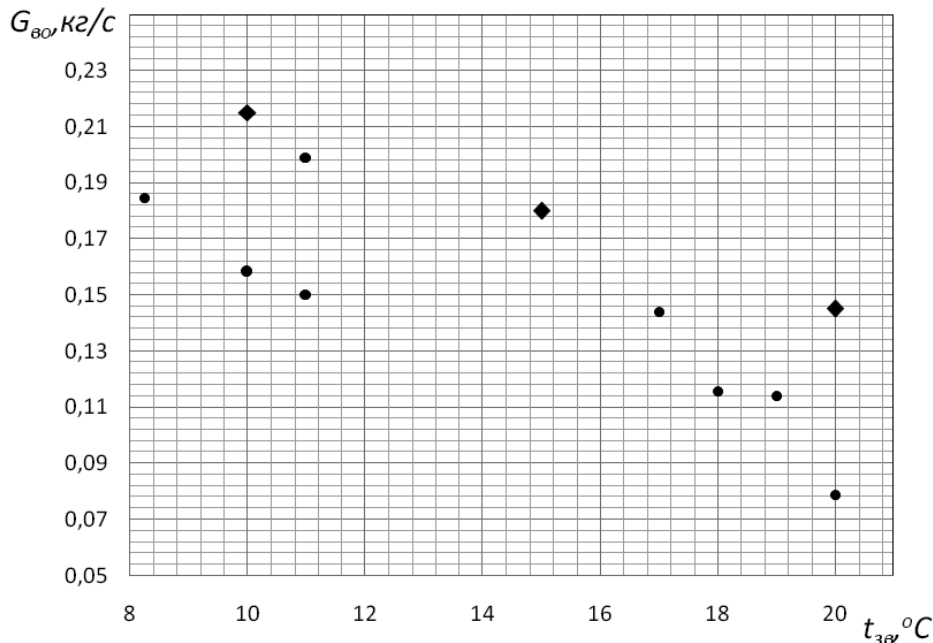


Рисунок 1 – Експлуатаційна продуктивність водоопріснюючої установки MIURA10WM-SK:
◆ – розрахункове значення, ● – фактичне значення

За час переходу параметри навколишнього середовища (температура забортної води, солоність) и головної енергетичної установки (температура гріючої води на вході і виході опріснювача) змінювались в діапазоні 2–30 °С, що призводило до зміни термодинамічного стану величину (вакууму в конденсаторі і температурного напору), а також режимів нестійкої роботи (збільшення солоності, зриву вакууму).

Для опріснювача прийняте розрахункове значення $t_{36} = 29$ °С. Фактичне значення практично інше і відповідно значно менше. Тому найбільший практичний інтерес представляє аналіз його роботи при зниженій температурі забортної води.

При використанні води для охолодження головного двигуна з температурою 63–81°С випарювання відбувалось при температурах 49–56 °С і відповідному тиску 0,088–0,093 МПа, при яких забезпечується мале накипоутворення.

В кожному конкретному випадку продуктивність водоопріснюючої установки оцінювалась при забезпеченні в відповідності режимів її роботи до розрахункових.

Як видно з рис. 1 ефективність водоопріснюючої установки знижується в середньому на 8-10% від розрахункового значення.

Це визначається:

- зниженням коефіцієнту теплообміну, а, отже і ККД теплообмінника;
- відкладенням забруднень на робочих поверхнях;
- значних змінах теплового навантаження;
- інерційністю конструкції теплообмінника яка визначає динаміку зміни його

потужності.

Крім того, збільшення продуктивності опріснювача призводить зниження витрат електроенергії на привід насосів і інтенсивності утворення накипу.

З урахуванням вищесказаного, можливо зробити висновки щодо доцільності дослідження режимів роботи даного типу опріснюючої установки для забезпечення відповідності експлуатаційних режимів розрахунковим.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко В.Ф., Лукин Г.Я. Судовые водоопреснительные установки – Л. : Судостроение, 1970. - 304 с.
2. Скиба А.Н., Мурашко М.Г. Судовые водоопреснительные установки и обслуживающие системы (устройство, эксплуатация и расчет): Учебное пособие. – Новороссийск: ФГОУ ВПО «МГА им. Адм. Ф.Ф. Ушакова», 2006. – 84 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА В СОСТАВЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Житник Н.Е., Липский Ю.И., Плаксин С.В., Ширман О.И.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение. Необходимость обеспечения качественного и бесперебойного электроснабжения бортовых потребителей в жестких климатических и механических условиях эксплуатации требует не только постоянного автоматизированного контроля и диагностики состояния аккумуляторных батарей, но и их эффективной эксплуатации в энергосберегающем режиме. Главным недостатком свинцово-кислотных аккумуляторов, которые наиболее часто применяются в бортовых системах электропитания, является время, требуемое для их полной зарядки, которое составляет 12–16 часов. При чем, как отмечают авторы [1], их зарядка до 80 % требует порядка 3–4 часов, а дальнейшее достижение полного заряда протекает гораздо медленнее ввиду низкого коэффициента использования зарядного тока. Сокращение времени зарядки свинцово-кислотных аккумуляторных батарей в составе бортовых систем в энергосберегающем режиме является актуальной задачей.

Снижение коэффициента использования зарядного тока при достижении 80-ти процентов заряда обусловлено увеличением поляризационного сопротивления, в частности его концентрационной составляющей, вызванного снижением скорости диффузии ионов в объеме электролита аккумулятора. Известно, что в аккумуляторе источником энергии являются окислительно-восстановительные реакции, в совокупности представляющие собой электрохимический процесс. Скорость протекания процесса, а также ее зависимость от концентрации реагирующих веществ, описываются уравнением электрохимической кинетики в виде:

$$U = -\frac{dC}{dt}, \quad (1)$$

где C – концентрация зарядов в объеме электрохимической системы, и в общем случае определяется изменением концентрации реагирующих веществ во времени.

Одним из эффективных способов увеличения скорости диффузии является механическое перемешивание зарядов в электролите. Например, авторы [2] предлагают воздействовать на аккумулятор ультразвуковыми колебаниями.

Нами предлагается метод интенсификации диффузионных процессов путем использования магнитогидродинамического эффекта, который оказывает влияние на заряды в объеме электролита за счет магнитофореза и появления силы Лоренца при взаимном перемещении зарядов и магнитного поля. В общем виде выражение для силы Лоренца приводится ниже:

$$F_L = g \cdot U \cdot B_{BH} \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где g – величина заряда, U – скорость движения зарядов, B_{BH} – индукция внешнего магнитного поля, α – угол между векторами скорости зарядов и силой Лоренца.

Применительно к электрохимической системе выражение для определения силы Лоренца при совместном воздействии на заряды электрического и магнитного полей приобретает вид:

$$F_L = \frac{g^2}{k \cdot T \cdot c} \cdot D \cdot B_{BH} \cdot E, \quad (3)$$

где k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, c – скорость света, D – коэффициент диффузии, E – напряженность электрического поля. В выражении (3) прослеживается прямая связь силы Лоренца, действующей на ионы в электролите, с величиной диффузии и скоростью токообразующей реакции (1).

Известно, что под действием силы Лоренца частица совершает движение по винтовой линии с радиусом окружности

$$R = \frac{U \cdot T}{2\pi} = \frac{m \cdot U_{\perp}}{[g \cdot B]}, \quad (4)$$

и с шагом

$$n = U_{\parallel} \cdot T, \quad (5)$$

где m – масса частицы, T – период вращения, $U_{\perp} = U \cdot \sin \alpha$ – скорость частицы перпендикулярно направлению силы Лоренца, $U_{\parallel} = U \cdot \cos \alpha$ – скорость частицы, параллельная силе Лоренца. Изменение траектории движения заряженных частиц приводит к их интенсивному перемешиванию и, соответственно, увеличивает скорость диффузии и скорость протекания электрохимической реакции.

В свою очередь, физической мерой скорости электрохимической реакции является плотность электрического тока. Вследствие увеличения скорости диффузии уменьшается диффузионное сопротивление в электролите, что приводит к увеличению плотности зарядного тока и, следовательно, к сокращению времени зарядки аккумулятора.

Для подтверждения эффектов влияния магнитного поля на электрохимический процесс в аккумуляторе нами был применен импульсный гальваностатический метод, подробно описанный в [3], точность которого позволяет регистрировать воздействие указанных эффектов на параметры электрохимического процесса в динамическом режиме. Главным преимуществом данного метода является возможность контроля каждой стадии электрохимического процесса, протекающего в химическом источнике тока. Этот метод был реализован на экспериментальном стенде [4], а результаты эксперимента получены путем обработки сигнала отклика (СО) аккумуляторной батареи на тестовый импульс. Типичная форма сигнала отклика приведена на рисунке 1 с указанием стадий электрохимического процесса. Практический интерес представляет стадия поляризации U_{\parallel} , которая включает в себя концентрационную $U_{н.к.}$ и электрохимическую $U_{эx}$ составляющие, и падение напряжения на внутреннем сопротивлении U_{a1} .

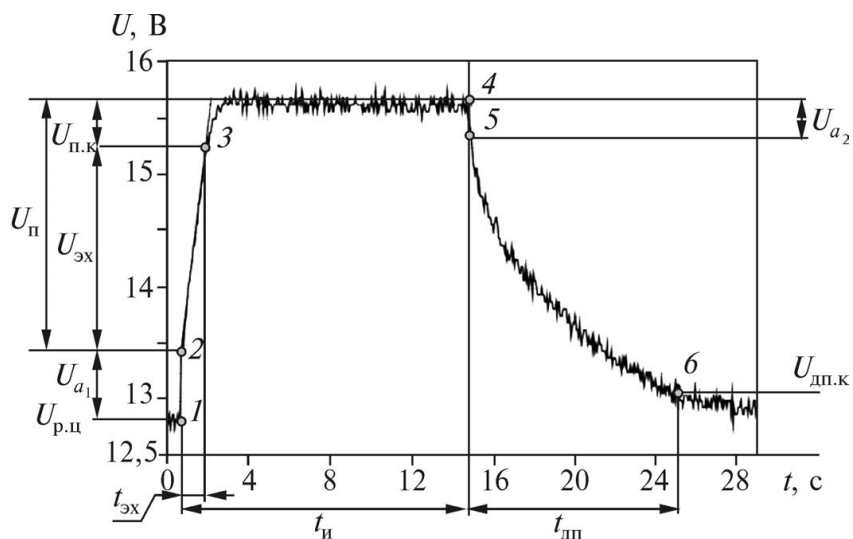


Рисунок 1 – Типичная форма сигнала отклика свинцово-кислотной аккумуляторной батареи на тестовый импульс

Как показал анализ экспериментальных результатов, признаками проявления эффектов воздействия магнитного поля на электрохимический процесс являются изменения величин падения напряжения на внутреннем активном сопротивлении U_{a1} , угла α наклона отрезка электрохимической составляющей $U_{эx}$ к оси времени и напряжения концентрационной составляющей $U_{н.к.}$ поляризации. При этом уменьшение величины U_{a1} вызвано уменьшением внутреннего активного сопротивления в связи с появлением эффекта магнитофореза, увеличение величины угла α отражает увеличение скорости реакции и, соответственно, увеличение плотности зарядного тока, а уменьшение концентрационного напряжения подтверждает снижение диффузионного сопротивления. Предлагаемый метод повышения энергоэффективности был проверен на серии свинцово-кислотных аккумуляторов, а в табл. 1 в качестве примера приведены экспериментальные результаты, полученные на аккумуляторных батареях 6СТ-55, 6СТ-65 и 6СТ-77 без влияния магнитного поля и с ним.

Таблица 1 – Усредненные кинетические параметры АБ 6СТ-65

Модель АБ	U_{a1}	$\Delta U_{a1}, \%$	$tga, B/c$	$\Delta tga, \%$	U_k	$\Delta U_k, \%$
6СТ-55А без МП	0,6	-10,6	0,77	29,3	0,27	-23,8
6СТ-55А с МП	0,53		1		0,21	
6СТ-65 А без МП	0,66	-14,8	1,59	29,3	1,25	-31,3
6СТ-65А с МП	0,56		2,05		0,86	
6СТ-77А без МП	0,41	-7,4	1,14	9	1,41	-20,3
6СТ-77А с МП	0,38		1,24		1,13	

Выводы. Экспериментальная проверка предложенного метода подтвердила возможность повышения коэффициента использования зарядного тока при воздействии на химические источники тока магнитным полем. Одновременное воздействие внешнего магнитного поля и электрического поля, вызванного зарядным током, активизирует диффузионные процессы в объеме электролита за счет интенсивного перемешивания ионов вследствие воздействия на них силы Лоренца, повышает активность взаимодействия электролита с активными массами электродов за счет увеличения скорости электрохимических реакций, а также снижает внутреннее активное сопротивление источника тока вследствие появления эффекта магнитофореза. Совокупное проявление указанных эффектов позволяет увеличить предельную плотность зарядного тока без увеличения энергозатрат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Каменев Ю.Б. Работа свинцово-кислотного аккумулятора в условиях постоянного недозаряда [Текст] / Ю.Б. Каменев, М.В. Лушина, И.А. Васина // Электрохимическая энергетика. – 2008, – Т.8, №3, – С. 146 – 151.
2. Пат. 59095 А Україна, НПК 8 В08В03 / 12, Н01М10/54. Пристрій для збільшення ємності лужного акумулятора шляхом впливу ультразвуковими коливаннями [Текст] / Безручко К.В., Василенко А.С., Губін С.В., Давідов А.О., Харченко А.А., Азарнов О.Л.; Заявник та патентовласник Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». – № 2003010406; заявл. 16.01.2003; опубл. 15.08.2003. Бюл. №8. – 6 с.; іл..
3. Контроль состояния химических источников тока [Текст] / В.А. Дзензерский, С.В. Плаксин, Н.Е. Житник, О.И. Ширман.–К.: Наукова думка, 2014.–132 с.
4. Плаксин, С.В. Экспериментальный стенд для автоматизированного контроля состояния химических источников тока импульсным методом [Текст]/ С.В. Плаксин, Н.Е. Житник, О.И. Ширман // Горная электромеханика и автоматика.– 2012.–№89, – С. 58–63.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИСАДОК К ТОПЛИВУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Заблоцкий Ю.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. В настоящее время в судовых энергетических установках наиболее широко применяется жидкое органическое топливо, представляющее собой продукт переработки нефти [1]. Топливо, по отечественной классификации, разделяют на четыре группы: дизельное, моторное, флотские мазуты, котельные мазуты. Дизельное топливо считается легким, а остальные тяжелыми. Однако, на данный момент все судовые дизели (как главные, так и вспомогательные) работают на тяжелом топливе, что накладывает определенные условия на систему топливоподготовки.

Подготовка топлива к использованию в судовых дизелях проводится комплексно, начиная с приема топлива на судно и кончая его подачей в двигатель [2].

Одним из способов обработки топлива является изменение его физико-химического состава, которое можно разделить на:

- 1) очистку от примесей;
- 2) химическую обработку.

К первой группе относятся отстаивание, сепарация и фильтрация; а ко второй – применение топливных присадок.

Актуальность исследований. Методы подготовки топлива путем его очистки от примесей в настоящее время исчерпали свою потенциальную возможность. Это связано с уменьшением общего времени, выделяемого на подготовку топлива; разработкой и внедрением в эксплуатацию сепарационных и фильтрационных установок, позволяющим сепарировать топливо с плотностью до 1000 кг/м^3 и выполнять его фильтрацию с тонкостью отсева до нескольких микрон.

Использование присадок к топливу является дополнительным способом его обработки, позволяя улучшить целый комплекс его эксплуатационных качеств, начиная с его прокачиваемости и заканчивая температурой воспламенения [3].

Постановка задачи. Присадки к судовым топливам в настоящее время получили довольно широкое распространение на судах, однако результат их применения не всегда получает однозначную оценку. Это связано с различными причинами, которые, прежде всего, зависят от характеристик судового дизеля и элементов его топливной системы, а также от обеспечения правильности технологии использования присадок. В связи с этим задачей исследования было определение влияния присадок к топливу на основные показатели рабочего процесса судового дизеля (в частности на удельный эффективный расход топлива и температуру выпускных газов), а также на техническое состояние цилиндро-поршневой группы дизеля и его топливной аппараты высокого давления.

Результаты исследований. Исследования были проведены в топливной системе судового дизеля S6A2 фирмы «Mitsubishi Heavy Industries», схема которой показана на рис.1.

В состав судовой энергетической установки входило три названных дизеля, использующихся в качестве дизель-генераторов. Это позволило два дизеля использовать для проведения экспериментов, а один оставлять в качестве «контрольного». Двигатели при исследованиях работали в параллельном режиме, что позволяло поддерживать одинаковую нагрузку как на «экспериментальном», так и на «контрольном» дизеле. Ее величина составляла 150...160 кВт при номинальной мощности дизель-генераторов 230 кВт. С целью обеспечения эксперимента топливная система дооборудовалась расходомером и дозатором присадки.

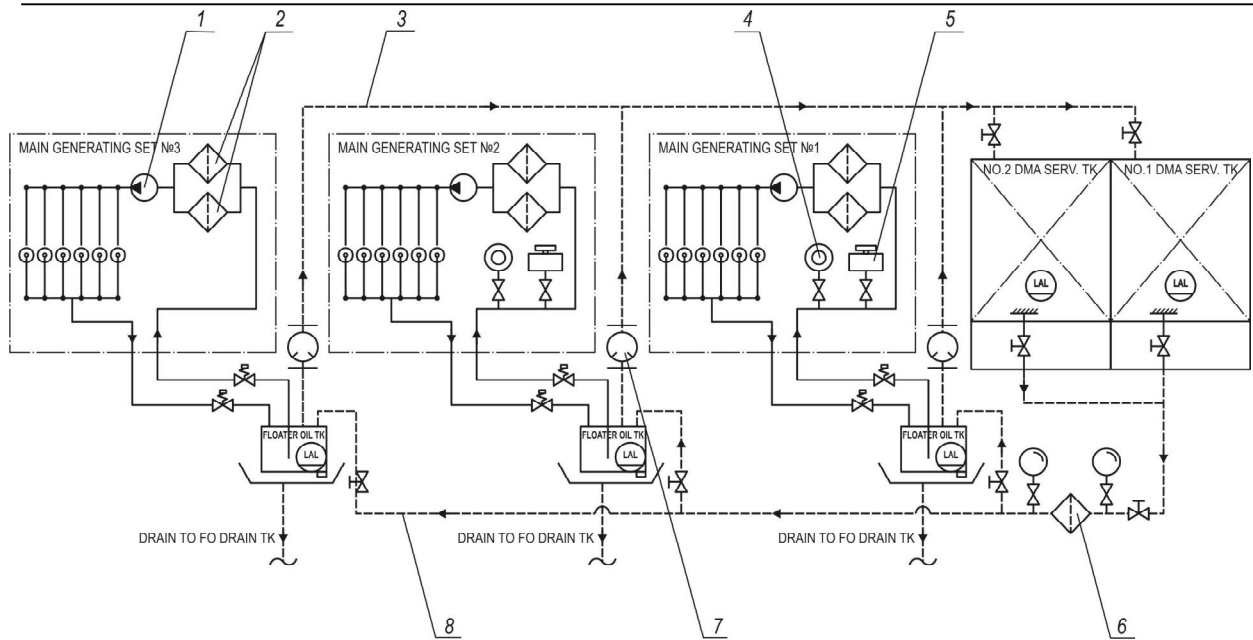


Рисунок 1 – Судовая топливная система (фрагмент):

- 1 – топливный насос высокого давления; 2 – топливные фильтры тонкой очистки; 3 – магистраль отвода паров топлива и воздуха; 4 – расходомер; 5 – дозатор присадки; 6 – топливный фильтр грубой очистки; 7 – отделитель топлива; 8 – магистраль подвода топлива

Основными параметрами, подлежащими контролю и определению, были удельный эффективный расход топлива, температура уходящих газов, а также техническое состояние элементов топливной аппаратуры и цилиндро-поршневой группы.

При исследованиях были получены следующие результаты.

На рис. 2, а показаны зависимости удельного эффективного расхода топлива b_e от относительной мощности дизеля $N_e/N_{eном}$ для дизеля, работающего на «чистом» топливе, и дизеле, работающем на топливе с присадкой. В обоих случаях полученные кривые совпадают с теоретическими, однако следует отметить равенство расходов топлива на режимах номинальной и экономической мощности при работе дизеля на топливе с присадкой. Кроме того, использование топливных присадок в целом существенно снижает удельный эффективный расход топлива, особенно на режимах малых нагрузок (в диапазоне 50...60-ти %-ной мощности) – наиболее характерных для работы дизель-генераторов.

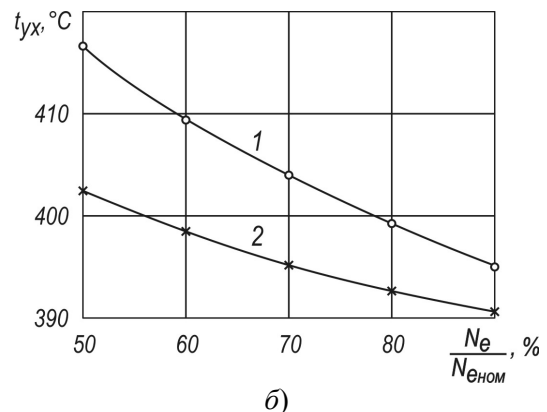
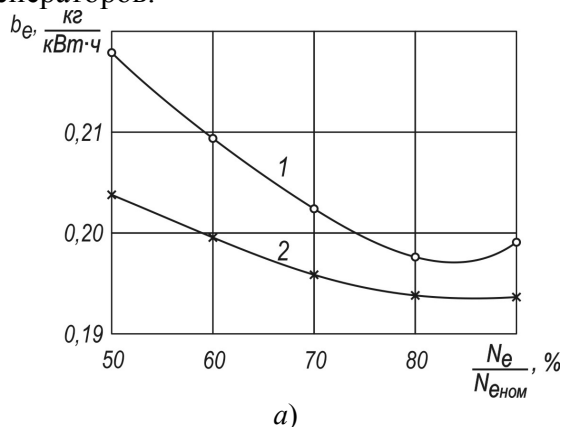


Рисунок 2 – Зависимости удельного эффективного расхода топлива b_e (а) и температуры уходящих газов $t_{ух}$ от относительной мощности $N_e/N_{eном}$ для дизеля работающего на «чистом» топливе (1) и дизеле, работающем на топливе с присадкой (2)

Приведенные результаты свидетельствуют о более качественном смесеобразовании и сгорании, а также более полном использовании теплотворной способности топлива с присадкой.

На рис. 2, б показаны зависимости усредненной температуры уходящих газов по всем цилиндрам дизеля от относительной мощности дизеля для «контрольного» и «экспериментального» дизелей.

Как видно из рис. 2, применение присадок к топливу способствует снижению температуры уходящих газов, что свидетельствует о более полном сгорании топлива. Также следует отметить меньшее отклонение температуры газов по цилиндрам дизеля от его среднего значения. Так, для «контрольного» дизеля этот параметр составил $\Delta t_{cp}=8^{\circ}\text{C}$, а для «экспериментального» $\Delta t_{cp}=4^{\circ}\text{C}$.

Кроме того, следует отметить улучшение технического состояния дизеля и его топливной аппаратуры при использовании топливных присадок. Так, при моточистке дизелей было определено, что элементы цилиндрико-поршневой группы дизеля, работающего с топливной присадкой, имеют меньший нагар на поверхностях нагрева (в частности на головке поршня, крышке цилиндра и выпускном клапане, а также более подвижные поршневые кольца) чем у дизеля, работающем на «чистом» топливе. Кроме того, форсунки дизеля, использующего топливную присадку, практически не имели нагара вокруг сопловых отверстий, а их распылители находились в менее изношенном состоянии. Это еще раз свидетельствует об интенсификации процессов смесеобразования и сгорания при использовании топлива с присадкой.

Для экспериментов использовались различные присадки, рекомендованные для применения в топливных системах судовых дизелей, при этом полученные результаты были сопоставимы между собой, а на рис. 2 приведены их оптимальные значения.

Выводы

1. Одним из методов улучшения эксплуатационных свойств топлива является использование топливных присадок, которые могут вводиться в топливную систему в различных точках.

2. Использование присадок к топливу существенно улучшает экономические, экологические и эксплуатационные параметры работы дизеля. Так при использовании топливных присадок возможно достичь снижения удельного эффективного расхода топлива от 2 до 6 %; понизить температуру уходящих газов на $7...14^{\circ}\text{C}$ и уменьшить ее рассогласование по цилиндрам дизеля. Кроме того при этом качественно улучшается техническое состояние деталей цилиндрико-поршневой группы и элементов топливной аппаратуры высокого давления дизеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомов Ю.А. Топливо и топливные системы судовых дизелей. – М. : РКонсульт, 2004. – 496 с.

2. Возницкий И.В. Практика использования морских топлив на судах. Издание 3-е переработанное и дополненное. Серия: Библиотека судового механика.– СПб : КСИ, 2005. – 124 с.

3. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок: учебник для вузов / С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.Ф. Большаков – М.: Транспорт, 1996. – 432 с.

МОДЕЛЮВАННЯ СУДНОВОЇ ТЕРМОАКУСТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГАЗИФІКАЦІЇ LNG ПАЛИВ

Коробко В.В., Московко О.О., Тимошенко Д.О.

Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. Судноплавство завжди було важливою складовою світової економіки, тому загальні тенденції неодмінно знаходять відображення в судновій техніці. Потреби сучасного суспільства зумовлюють зростання виробництва, і, як наслідок збільшення споживання енергоносіїв. Характерними рисами сьогодення є наявність комплексу жорстких умов відносно економічності, енергоефективності та екологічної безпеки енергетичного обладнання.

Постановка задачі та ціль дослідження. В складі ЕУ сучасних суден використовуються новітні високоефективні двигуни, характеристики яких задовольняють вимогам TIER II та TIER III, стрімко зростає чисельність суден, які використовують LNG палива. Суттєвих змін зазнали складові теплового балансу СЕУ, з'явилися джерела енергії з криогенною температурою (LNG палива), зменшилась температура відходячих газів ГД, зросла температура повітря після турбонагнітачів. Ці обставини вимагають розробки нових інноваційних заходів енергозбереження в судновій енергетиці. Можливим варіантом може стати використання термоакустичних технологій.

Наявні дослідження виконувались з метою вивчення принципів можливостей використання термоакустичних теплових машин в складі СЕУ шляхом створення енергогенеруючих систем регазифікації LNG палива.

Розгляд проблеми. Відомо, що в судновій енергетиці застосовуються певні енергозберігаючі рішення. Однак обсяг використання скидних вторинних енергоресурсів (ВЕР) обмежений як технічними можливостями обладнання, так і іншими факторами. Найбільш доцільними шляхами для утилізації ВЕР є їх перетворення в електричну енергію, або безпосереднє використання в системах ЕУ. Термоакустичні технології можуть стати в нагоді для вирішення цих питань.

В якості базового об'єкту для досліджень була обрана ЕУ LNG танкеру «Coral Energy». На цьому судні установлений двопаливний ГД Wartsila/8L50DF, який працює на рідинних паливах та на природному газі (NG). ГД може споживати як випарвантажу, так і газ з окремої системи регазифікації. На початку даної роботи були визначені складові ВЕР ГД на ходовому режимі (табл. 1).

Таблиця 1 – ВЕР головного двигуна Wartsila 8L50DF при роботі на LNG паливі

<i>Теплоносій, або джерело ВЕР</i>	<i>Кількість теплоти, кВт</i>	<i>Температура, °С/К</i>
Відхідні гази ГД	1775	385/448
Теплообмінник надувного повітря (НТ)	1147	91/364
Теплообмінник надувного повітря (ЛТ)	667	38/311
Система охолодження двигуна	671	91/364
Маслоохолоджувач ГД	627	78/351
Криогенна енергія LNG палива	301	-162/111

На рис. 1 наведена інформація, яка показує наявний потенціал ВЕР ЕУ обраного судна. Частина ВЕР з температурою вищою за довкілля утилізується в традиційний спосіб з допомогою утилізаційного котла та опріснювальної установки. Зрозуміло, що на даному судні велика кількість низькотемпературних ВЕР не використовується, формуючи теплове забруднення довкілля. В зв'язку з цим, привабливою виглядає можливість застосування термоакустичних теплових машин (ТАТМ) в складі СЕУ які в змозі споживати такі джерела енергії. В більшості існуючих систем регазифікації потенціал

криогенного палива втрачається. ТАТМ дають здатність створити енергогенеруючі системи регазифікації LNG палива [1, 2].

Раніше в роботах [3, 4] була запропонована система регазифікації LNG палива на базі ТАТМ, яка має забезпечити генерацію електричної енергії або роботу термоакустичного теплового насосу (рефрижератору) за рахунок утилізації низькотемпературних складових ВЕР, в тому числі і криогенних.

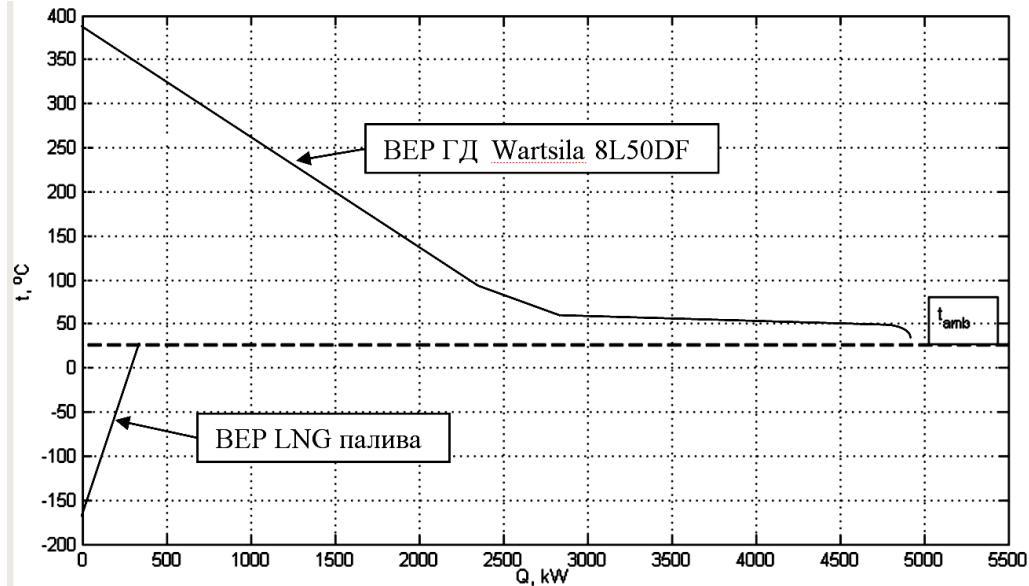


Рисунок 1 – Залежність між температурою теплоносіїв та тепловою потужністю ВЕР ГД Wartsila 8L50DF

Основна ідея полягає в тому, що пропонується замість нагрівачів скрапленого газу використати блок з декількох низькотемпературних ТАД з циклом Брайтону. В ТАТМ в якості робочого тіла використовується чистий гелій, що виключає можливі проблеми, пов'язані з намерзанням льоду на зовнішніх поверхнях теплообмінників. Потрібний для роботи ТАД градієнт температур забезпечується завдяки різниці в температурі між рідиною системи охолодження ГД (90 °С) та температурою LNG палива (-160 °С). Завдяки внутрішній термодинамічній незворотності робочого процесу в ТАД з циклом Брайтону, температура скрапленого газу, який прокачується скрізь ТАД, буде підвищуватись. Таким чином, система спроможна утилізувати енергії двох джерел низькопотенційних ВЕР СЕУ – скидну теплоту системи охолодження ГД та криогенний потенціал LNG, виробляючи додаткову енергію для загальносуднових потреб.

Конструктивно «криогенний» ТАД системи регазифікації являє собою напівхвильовий резонатор, до якого приєднаний блок лінійного електрогенератора (рис. 2). Матриця стеку ТАД виконана з пористої кераміки, теплообмінники трубчасто-ребристі, робоча рідина в резонаторі – гелій. Конструкція ТАТМ дозволяє компанувати блоки різної потужності, відповідно до наявних ресурсів.

В даній роботі було проведено чисельне дослідження характеристик низки «криогенних» ТАД, характеристики яких показані в табл. 2. Розрахунки виконувались за допомогою програмного пакету DELTA EC [5], який призначений для моделювання акустичних систем та комплексу теплофізичних параметрів, пов'язаних з цим. Пакет DELTA EC дозволяє розрахувати потужності ТАД та лінійного електричного генератора в залежності від конструкції ТАД, температури ВЕР оптимізувати конструкцію вузлів ТАД.

Таблиця 2 – Характеристики модельованих ТАД

Діаметр ТАД	мм	130	250	380
Довжина	м	4730	4900	5000
Потужність ВЕР	кВт	1-4	5-20	25-40
Робоча частота	Гц	50-60	50-60	50-60
Розмір пор в стеку	мм	0,9*0,9	0,9*0,9	0,9*0,9

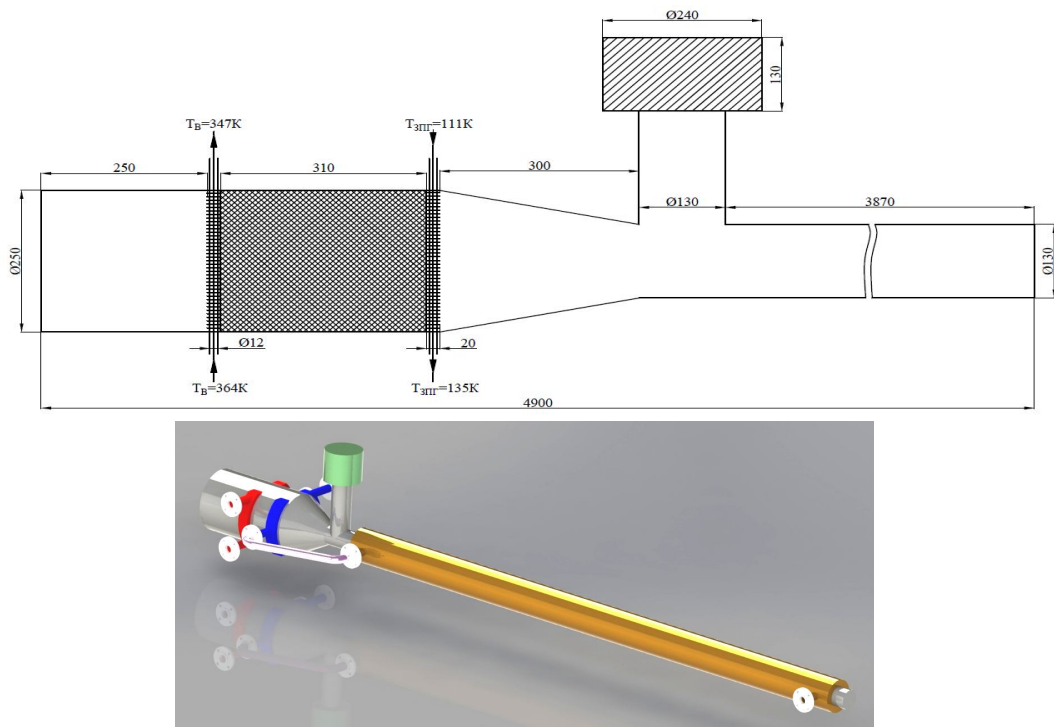


Рисунок 2 – Поперечний переріз «криогенного» ТАД, та його ескіз

Висновки. В результаті чисельного моделювання робочих процесів в «криогенному» ТАД системи регазифікації LNG палива були отримані такі результати:

- розрахована можлива максимальна електрична потужність ТАД в залежності від розмірів ТАД;
- були визначені оптимальні співвідношення між геометричними параметрами елементів ТАД та характеристиками лінійного електричного генератору;
- визначені напрями подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. G. W. Swift Thermoacoustics for liquefaction of natural gas / G. W. Swift and J. J. Wollan // GasTIPS, Volume 8, Number 4, pp. 21-26
2. QIU LiMin Characteristics of onset and damping in a standing-wave thermoacoustic engine driven by liquid nitrogen / QIU LiMin, LOU Ping, WANG Kai, WANG Bo, SUN DaMing, RAO JunFeng, ZHANG XueJun // Chinese Science Bulletin- 2013., 58 (11): p. 1325-1330.
3. Коробко В.В. Перспективи застосування термоакустичних технологій в системах регазифікації/ Коробко В.В., Московко О.О. // VI міжнародна науково-технічної конференція: «Суднова енергетика: стан та проблеми». – Миколаїв : НУК, 2013.
4. Коробко В.В. Можливі шляхи використання термоакустичних теплових машин в системах СЕУ// Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – №2 (11), 2014 р. – Херсон, ХДМА. – 2014. – С. 69-76.
5. Ward B. Design Environment for Low-amplitude Thermoacoustic Energy Conversion / B. Ward, J. Clark, G. Swift // Los Alamos National Laboratory. – 2008. – 282 p.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

Кривошапов С.И.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. Транспорт является основным потребителем жидких видов топлива, таких как бензин, дизельное топливо, керосин. В структуре себестоимости перевозки грузов около 50 % затрат приходится на расход горюче-смазочных материалов. Поэтому эффективная эксплуатация транспортных средств неотъемлемо связана с вопросами экономии топлива на транспорте.

Транспортные средства потребляет значительное количество топлива. Однако его величина отличается для различных видов транспорта. На автомобильном транспорте в среднем расходует: от 5-17 л/100 км для легковых автомобилей до 50-100 л/100 км для большегрузных грузовых автомобилей. Тепловозные локомотивные поезда имеют средний расход топлива от 100 до 600 кг/ч, что соответствует от 180 до 1000 кг на 100 км. Средний расход топлива самолета Ан-148 составляет до 2000 кг/ч, при крейсерской скорости самолета порядка 800 км/ч, соответствует расходу 2.5 кг/км. Небольшие катера могут расходовать топлива 20-80 л/100 км на средних скоростях. В то время как суда контейнеровозы типа С1 за сутки могут потреблять до 150 тонн топлива, что составляет 6.25 т/ч или 140 кг на 1 км.

Оценивать энергетическую эффективность транспортных средств только по расходу топлива невозможно, поскольку они перевозят разные грузы в изменяющихся условиях эксплуатации. Для дорожно-транспортных средств группы А максимальная нагрузка на ось не должна превышать 10 тонн, а с учетом собственной массы транспортного средства, предельная масса груза составляет до 30 тонн. Железнодорожные грузовые поезда, имеющие 60-80 вагонов грузоподъемностью 70 т, могут перевозить 40 тыс. тонн груза. Контейнеровозы способны перевозить по воде до 15 тысяч 20-футовых контейнеров, что соответствует более 300 тыс. тонн различного товара.

Для оценки энергетической эффективности транспортных средств необходимо применять интегральный показатель, связывающий энергетические затраты на топливо с выполнением транспортной работы по перемещению груза.

Эффективность автомобилей [1] предлагается оценивать тремя основными показателями: производительность, себестоимость и безопасность. Однако эти показатели имеют размерность, что не дает возможности сравнивать разнотиповой подвижной состав. В работе [2] для оценки технического состояния автомобиля введен безразмерный показатель – коэффициент полезного действия автомобиля. Полученные аналитические зависимости позволяют его рассчитать для всех режимов работы дорожно-транспортных средств. Упрощенная методика расчета этого показателя нашло отражение в новой методике нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте, изложенной в работе [3]. Метод оценки эффективности работы автомобиля по коэффициенту полезного действия могут быть использованы применительно к другим видам транспорта.

Общий коэффициент полезного действия машины определяется как отношение энергии или мощности, полезно реализуемое транспортным средством по преодолению внешнего сопротивления, необходимого для перемещения себя и груза в пространстве, к энергии или мощности, подведенной к двигателю через топливо, т.е.

$$\eta_a = \frac{Q_D}{Q_T} = \frac{N_D}{N_T}, \quad (1)$$

На движителе машины необходимо подвести мощность (Вт) достаточную для преодоления внешних сил сопротивления (P_D):

$$N_d = \frac{P_d \cdot V}{3.6}, \quad (2)$$

где V – скорость транспортного средства, км/ч.

Величина силы сопротивления движению тем выше, чем больше вес транспортного средства. Вес машины G определяется как произведение массы транспортного средства M на ускорение свободного падения $g = 9.81 \text{ м/с}^2$. Вынесем M за скобку, тогда формула для мощности сопротивления примет вид:

$$N_d = \frac{P_d \cdot g}{G} \cdot \frac{V \cdot M}{3.6}. \quad (3)$$

Обозначим выражение $\frac{P_d \cdot g}{G}$ через K_u . Назовем K_u – коэффициентом «шумом ускорений». Этот показатель имеет размерность ускорения и учитывает энергетические потери, возникающие при движении транспортного средства. Тогда

$$N_d = K_u \cdot \frac{V \cdot M}{3.6}. \quad (4)$$

Подведенную мощность к двигателю можно определить через часовой расход топлива (G_m) и низшую теплоту сгорания топлива (H_n) [1]:

$$N_T = \frac{H_n \cdot G_T}{3.6}. \quad (5)$$

С учетом введенного K_u и формул (2) и (3), зависимость (1) определения КПД транспортного средства запишется так:

$$\eta_a = \frac{K_u \cdot M \cdot V}{H_n \cdot G_T}. \quad (6)$$

Если на транспорте нормирование топлива принято производить через путевой расход топлива, измеряемого в л/100 км, тогда, с учетом зависимости $Q = \frac{100 \cdot G_T}{V \cdot \rho_T}$, получим

$$\eta_a = \frac{100 \cdot K_u \cdot M}{H_n \cdot \rho_m \cdot Q}. \quad (7)$$

В формулах (6) и (7) показатели H_n и ρ_m характеризует качество топлива (бензин, дизтопливо и др.), K_u – шум ускорения (качество условий движения), M – масса транспортного средства (степень загрузки), Q или G_T – расход топлива (управляющий режим движения).

Применительно к движению автомобиля силовой баланса запишется следующим образом [1]:

$$P_d = P_f + P_i + P_w + P_j, \quad (8)$$

где P_f , P_i , P_w , P_j – соответственно силы на преодоление сопротивления опорной поверхности, уклона дороги, сопротивления воздуха и инерции автомобиля. С учетом формул для определения сил сопротивления: $P_f = G_a \cdot f$, $P_i = G_a \cdot i$, $P_w = 0.077 \cdot k \cdot F \cdot V_a^2$, $P_j = 0.1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot \dot{V}_a$, получим зависимость «шума ускорения» для автомобиля:

$$K_u = (g \cdot f + g \cdot i + \frac{0.077 \cdot k \cdot F \cdot V_a^2}{g} + 0.1 \cdot \beta \cdot g \cdot \dot{V}_a) \text{ м/с}^2. \quad (9)$$

На железнодорожном транспорте подведенная к колесам тяговая мощность расходуется на преодоление основного и дополнительного сопротивления. Однако в расчетах принято использовать удельную силу сопротивления движению, отнесенную к 1 кН веса поезда, т.е.

$$w = \frac{W}{P+Q}, \quad (10)$$

где W – полное сопротивление, Н; P – вес локомотива, кН; Q – вес вагонов поезда, кН. Поскольку полный вес транспортного средства (в Ньютонах) $G = 10^3(P+Q)$, а сила на колесах равна полному сопротивлению $P_d = W$, тогда «шум ускорения» для поезда равен

$$K_u = 10^{-3} g \cdot w. \quad (11)$$

Значение w зависит от многих факторов, но, как и для дорожно-транспортных средств, определяющим является скорость транспортного средства. Приблизительно [4] для подвижного состава с неизменной осевой нагрузкой удельную силу сопротивления движению рассчитывают по формуле:

$$w_0(w_x) = A + B \cdot V + C \cdot V^2, \quad (12)$$

где A , B , C – эмпирические коэффициенты. На примере тепловоза 2ТЭ121 значение коэффициентов A , B , C можно принимать – для режима тяги: $A = 1.9$, $B = 0.01$, $C = 0.0003$; для режима холостого хода: $A = 2.4$, $B = 0.011$, $C = 0.00035$.

При движении морских и речных судов тяговая сила расходуется на преодоление вязкостного и волнового сопротивления. Для решения практических задач [5] сопротивление воды движению судна принимают пропорциональным квадрату скорости:

$$R = \zeta \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot \Omega, \quad (13)$$

где ζ – безразмерный коэффициент полного сопротивления, который является функцией чисел Фруда и Рейнольдса; ρ – плотность среды, кг/м³; Ω – смоченная поверхность судна, м²; v – скорость, м/с. Для судов коэффициент «шум ускорения» можно определить по формуле

$$K_u = \frac{\zeta V^2}{7.2B} \cdot \Omega, \quad (14)$$

где B – водоизмещение судна, т.

В самолетах тяговая сила затрачивается на преодоление сопротивления воздуха и на образовании подъемной силы, называемой индуктивным сопротивлением. Для удержания самолета в воздухе в прямолинейном полете с постоянной скоростью необходимо, чтобы подъемная сила была равна весу самолета. Поэтому сила тяги двигателя, требуемая для совершения горизонтального полета, равна

$$P = \frac{M \cdot g}{K_a}, \quad (15)$$

где K_a – отношение подъемной силы к лобовому сопротивлению, которое называется аэродинамическим качеством.

Тогда «шум ускорения» для летательных аппаратов

$$K_{ш} = \frac{g}{K_a}. \quad (16)$$

Оценку эффективности работы транспортных средств можно осуществлять коэффициентом полезного действия, который определяется единой зависимостью для различных видов транспорта. Взаимодействие транспортного средства с изменяющимися в процессе движения условиями эксплуатации предлагается учитывать коэффициентом «шума ускорения».

ЛИТЕРАТУРА

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта [текст] / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Изд. 2-е, перераб. и подолн. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
2. Кривошапов С.И. Разработка методики и алгоритма общего диагностирования автомобилей по изменению коэффициента полезного действия : автореф. канд. техн. наук : 05.22.10 [текст] / С.И. Кривошапов. – Харьков, ХГАДТУ, 1999. – 216 с.
3. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований) [текст] : Монография / Н.Я. Говорущенко. - Харьков: ХНАДУ, 2011. – 297 с.
4. Анисимов В. А. Тяговые расчеты [электронный ресурс] : Монография / В. А. Анисимов, В. В. Анисимов. – Хабаровск, 2013. – Режим доступа : <https://sites.google.com/site/tagaroezd/monografia>.
5. Справочник по малотоннажному судостроению [текст] / [Сост. Б.Г. Мордвинов]. – Л.: Судостроение, 1987. – 576 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЕЛЕКТРИЧНИХ ЯВИЩ В МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАРАХ ТЕРТЯ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Криштопа С.І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)

Вступ. Сучасна наука накопичила велику кількість суттєвої інформації про природу тертя та механізми зношення металевих та полімерних матеріалів. Але проблема з'ясування природи процесів тертя металополімерних фрикційних пар ще далека від остаточного вирішення. Значну роль при фрикційній взаємодії металополімерних пар відіграють електричні процеси.

Актуальність досліджень. В процесі тертя, внаслідок електричних струмів, які протікають на фрикційному контакті металополімерних трибосистем, відбуваються суттєві зміни властивостей поверхневих шарів металополімерних матеріалів, що істотно впливає на їхні фізичні, механічні та трибологічні характеристики [1]. Електричні процеси в металополімерних парах тертя значною мірою визначають фрикційні властивості матеріалів, їхній характер зношення та теплове навантаження [2]. Відомі методи визначення складових електричних струмів [3] і їх напрямів [4] в парах тертя «полімер – метал» барабанно-колодкових гальм під час гальмування. Проте вказані методи потребують свого експериментального підтвердження.

Постановка задачі – проведення експериментальних досліджень трибоелектричних явищ в металополімерних парах тертя гальм транспортних засобів

Результати досліджень. Як об'єкт випробувань були прийняті фрикційні вузли барабанно-колодкового гальм автотранспортних засобів. При цьому реєстрації підлягали наступні параметри: час гальмування; кількість гальмувань; температура поверхні обода металевого барабана; температура поверхні тертя фрикційної накладки; сила струму, що циркулює між парами тертя; різниця потенціалів між фрикційними парами; знос робочих поверхонь фрикційних накладок. Загальний вигляд фрикційного вузла з термоелектродами термопар і контактами підключення вимірювальної апаратури зображений на рис. 1.

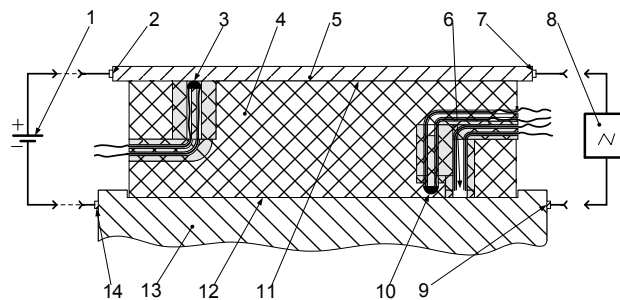


Рисунок 1 – Фрикційний вузол з термоелектродами термопар і контактами підключення вимірювальної апаратури:

1 – зовнішній блок живлення; 2, 14 – контакти підключення блоку живлення; 3, 10 – термопари; 4, 11, 12 – фрикційна накладка із зовнішньою та робочою поверхнями; 5 – гальмівна колодка; 6 – датчик зносу на основі графітового електроду; 7, 9 – контакти підключення наноамперметра та потенціометра; 8 – цифровий потенціометр; 13 – гальмівний барабан

Для дослідження фрикційних вузлів барабанно-колодкових гальм транспортних засобів використовувався гальмівний стенд КИ-8964 ГОСНИТИ. Стенд моделі КИ-8964 ГОСНИТИ призначений для визначення технічного стану гальмівних систем автомобілів шляхом вимірювання гальмівної сили. Загальний вигляд стенду та проведення експериментальних досліджень барабанно-колодкових гальм транспортних засобів проілюстровано на рис. 2.

Для реєстрації даних по зміні потенціалів в контактах пар тертя на персональний комп'ютер, контактні поверхні підключалися до ноутбука через аналого-цифровий перетворювач USB Oscilloscope (рис. 3). Потенціал в контактах пар тертя реєструвався за допомогою програмного забезпечення аналого-цифрового перетворювача USB Oscilloscope.



Рисунок 2 – Загальний вигляд стану KI-8964 ГОСНИТИ: а – блок барабанів; б – пульта управління; в – проведення експериментальних досліджень барабанно-колодкових гальм транспортних засобів

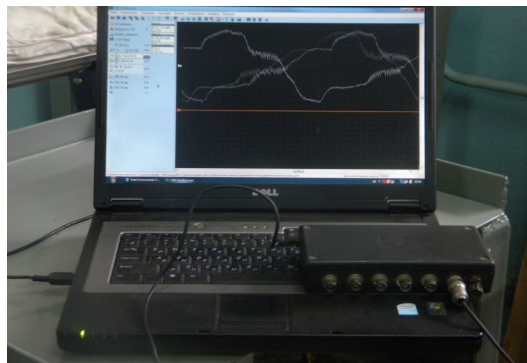


Рисунок 3 – Аналого-цифровий перетворювач USB Oscilloscope

Під час тертя спостерігається локальний контакт мікровиступів, при цьому під час контакту електрони та іони переміщуються з одного тіла до другого. Різниця потенціалів двох тіл виникає внаслідок переходу електронів через контакт від тіла з меншою енергією виходу електронів до тіла з більшою енергією. При цьому електрони можуть переходити як від діелектрика до металу, так і навпаки, заряджаючи діелектрик як позитивно, так і негативно. Також на різницю потенціалів суттєво впливає різниця температур контактуючих тіл. Якщо одне з тіл нагрівається більше, то з нього в друге тіло спрямовуються термоструми. Різниця потенціалу зростає також при збільшенні площі контактуючих тіл. Заряди контактуючих тіл мають різні знаки, але однакову величину. На рис. 4 проілюстровані одержані залежності електричного потенціалу пар тертя барабанно-колодкового гальма автомобіля Фольксваген Т4 (рис. 4 а) та барабанно-колодкового гальма автомобіля МАЗ 551605-371 (рис. 4 б) від поверхневої температури фрикційної накладки при різних питомих навантаженнях.

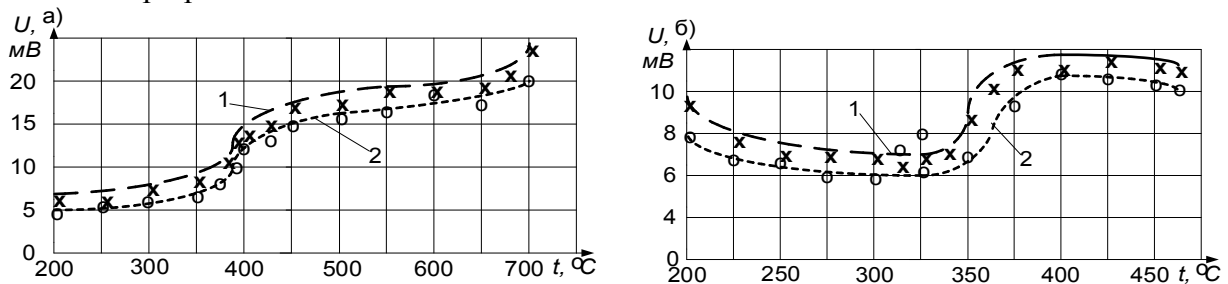


Рисунок 4 – Залежності електричного потенціалу фрикційних пар барабанно-колодкових гальм автомобілів Фольксваген Т4 (а) та МАЗ 551605-371 (б) від поверхневої температури накладок: 1 – при питомому навантаженні $p = 0,15 \text{ МПа}$; 2 – при питомому навантаженні $p = 0,2 \text{ МПа}$

Збільшення потенціалу на контакті при збільшенні температури накладок пояснюється тим, що при нагрівання збільшується енергетичний рівень електронів матеріалу накладки, що, в свою чергу, призводить до зростання різниці потенціалів на контакті. Необхідно зазначити, що в діапазоні 380-400 °С спостерігається істотне зростання потенціалу на контакті. Це пояснюється початком переходу фенолформальдегідної смоли в рідку фазу та зменшення електричного опору в контакті. При температурах 550-600 °С інтенсивність зростання потенціалу на контакті падає. Це пов'язано з зменшення рідкої фази в контакті, а при температурах приблизно 700 °С і вище рідка фаза зникає зовсім (вигорає). Це призводить до збільшення електричного опору в контакті та зниження емісії електронів. Як впливає з рис. 4 б для фрикційної пари сірій чавун СЧ 20 – шифр 1-43-60А барабанно-колодкового гальма автомобіля МАЗ маємо ситуацію, коли гальмівний барабан заряджається позитивно відносно фрикційних накладок. Деяке локальне зниження потенціалу в контакті в діапазонах до 330 та вище 400 °С при збільшенні температури накладок пояснюється тим, що для матеріалу шифру 1-43-60А накладки при нагрівання зменшується енергетичний рівень електронів, що, в свою чергу, призводить до зниження різниці потенціалів на контакті. При цьому, зростання потенціалу на контакті в діапазоні 330-400 °С пояснюється, як і в попередньому випадку, різким падінням електричного опору.

Розглянемо залежність електричного потенціалу, що утворюється на контактуючих поверхнях, від ємності металевого фрикційного елемента. Залежність досліджувалась для фрикційної пари металевий барабан (сталь 34 Л) – полімерна накладка (ретинакс ФК-24А). Як тільки починає відбуватись процес фрикційної взаємодії через контактну поверхню починається переміщення електронів, в наслідок чого барабан та накладка поступово заряджаються протилежними за знаком зарядами. При цьому величина заряду залежить від ємності металевого елемента. Для дослідження залежності електричного потенціалу, що утворюється на контактуючих поверхнях, від ємності металевого фрикційного елемента, для випробовувань були змодельовані наступні компонування: гальмівний барабан ізольований від маточини колеса та колісного диска; гальмівний барабан ізольований від маточини колеса та не ізольований від колісного диска; маточина ізольована від шасі автомобіля; всі елементи не ізольовані (серійна конструкція). Графічна залежність електричного потенціалу, що утворюється на контактуючих поверхнях, від ємності металевого елемента та часу фрикційної взаємодії проілюстрована на рис. 5.

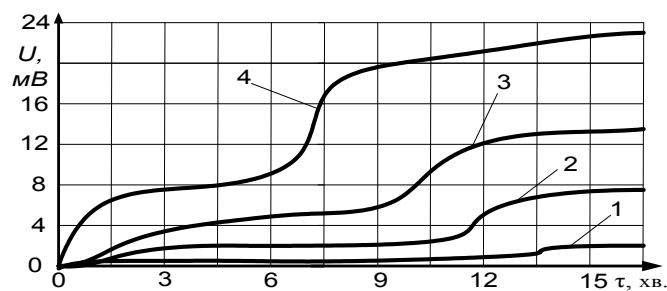


Рисунок 5 – Графічна залежність електричного потенціалу, що утворюється на контактуючих поверхнях пари тертя барабанно-колодкового гальма автомобіля від часу фрикційної взаємодії при питомому навантаженні $p = 0,15 \text{ МПа}$:

1 – гальмівний барабан ізольований від маточини колеса та колісного диска; 2 – гальмівний барабан ізольований від маточини колеса та не ізольований від колісного диска; 3 – маточина ізольована від шасі автомобіля; 4 – всі елементи не ізольовані (серійна конструкція)

Як видно з рис. 5, чим менша металоемність, а отже і електрична ємність металевого фрикційного елемента, тим менше він електризується і навпаки. При значній ємності металевого елемента, коли він заземлений через раму, додатній або від'ємний заряд, що переходить на полімерну накладку, безперервно відновлюється у металі завдяки

великій електроємності системи «металевий фрикційний елемент – шасі автомобіля». При цьому, під час фрикційної взаємодії пари тертя, електричні заряди у полімері накопичуються. Для зменшення електризації, а отже і зносу фрикційного вузла, металевий елемент необхідно ізолювати від шасі автомобіля. Під час фрикційної взаємодії така пара тертя також буде заряджатися. Але досить швидко металевий елемент перестане віддавати заряди полімерному. Не з'єднаний із шасі автомобіля, він буде вести себе як заряджене тіло, електричне поле якого буде перешкоджати проходженню зарядів через контакт метал-полімер. Тому у випадку ізоляції металевого фрикційного елемента інжектування великого заряду у полімерний елемент стає неможливим.

Перейдемо до розгляду зношення робочих поверхонь полімерних накладок трибосистем. Одним з основних експлуатаційних параметрів пар тертя є інтенсивність зношення їх поверхонь.

Як зазначалося, при проведенні експериментальних досліджень була встановлена залежність електричного потенціалу, що утворюється на контактуючих поверхнях, від ємності металевого фрикційного елемента. Більшість конструкцій, які містять в собі фрикційні вузли з металополімерними парами, є заземленими (наприклад, бурові лебідки, залізничний транспорт та ін.) або ізольовані від поверхні Землі, але мають досить велику метало-, а отже і електричну ємність (автотранспортні засоби). Для дослідження залежності ізоляції металевого фрикційного елемента на зношування поверхонь фрикційних накладок були змодельовані наступні компонування: гальмівний барабан не ізольований (заземлений) та гальмівний барабан ізольований від маточини колеса.

На рис. 6 проілюстровані закономірності зміни величин лінійного зношування поверхонь накладок барабанно-колодкового гальма з ізольованим та неізольованим металевим фрикційним елементом. Дослідження зносу проводились для десятих точок накладки.

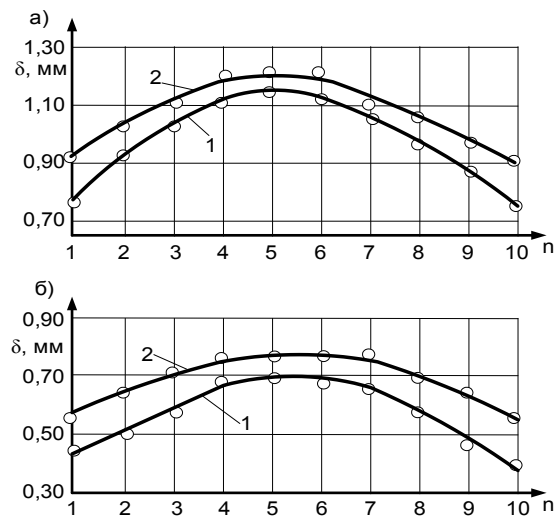


Рисунок 6 – Закономірності зміни величин лінійного зношування поверхонь барабанно-колодкового гальма автомобіля Фольксваген Т4 (а) та барабанно-колодкового гальма автомобіля МАЗ 551605-371 (б): 1 – для ізольованого гальмівного барабана; 2 – серійного фрикційного вузла

Встановлено, що лінійне зношування поверхонь фрикційних накладок для барабанно-колодкового гальма з ізольованим металевим фрикційним елементом, в середньому, на 15-20 % менше, ніж зношування поверхонь накладок гальма з серійною конструкцією неізольованого металевого фрикційного елемента.

Висновки. Таким чином, виконані експерименту свідчать про утворення електричного потенціалу на контактуючих поверхнях металополімерних пар тертя гальм, а електроізоляція металевого фрикційного елемента гальмівного механізму дозволила зменшити знос робочих поверхонь гальмівних накладок транспортних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основы трибологии / Под ред. Чичинадзе А. В. – М. : Машиностроение, 2001. – 664 с.
2. Барабанно-колодочные тормозные устройства: Монография / А.А.Петрик, А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко. – В 2-х томах. Том 1. – Краснодар, 2006. – 263 с.
3. Пат. 2459986 С2 России, МПК F16D 65/82, F16D 51/10. Способ определения составляющих электрических токов в парах трения «полимер – металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях (варианты) / А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, И.В. Бачук, А.Н. Горбей, П.А. Поляков; заявитель и патентодатель Иван-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Заявл. 26.02.2010; Опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24. – 14 с.
4. Пат. 2462628 С2 России, МПК F16D 65/82, F16D 51/10. Способ определения направлений составляющих электрических токов в парах трения «полимер – металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях / А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, И.В. Бачук, А.Н. Горбей, П.А. Поляков; заявитель и патентодатель Иван-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Заявл. 19.04.2010; Опубл. 27.09.2012, Бюл. № 27. – 27 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ

Мещеряков В.И., Журавлев Ю.И.

Одесский государственный экологический университет
(Украина)

Введение. Термоэлектрические охладители относятся к наиболее надежным средствам обеспечения тепловых режимов теплонагруженных элементов радиоэлектронной аппаратуры вследствие малых габаритов, широкого температурного диапазона использования, отсутствия подвижных элементов и отработанной технологии изготовления. Они нашли широкое применение в лазерной и инфракрасной технике, охлаждении процессоров, генераторных элементов в виде однокаскадных и многокаскадных охладителей, изготовленных по объемной и пленочной технологии.

Актуальность проблемы. Параметры надежности термоэлектрических охладителей существенно зависят от нагрузки и температуры окружающей среды [1], поэтому для критических систем, в которых охлаждаемые теплонагруженные элементы с термоэлектрическими системами обеспечения тепловых режимов работают в условиях близких к предельно возможным, вопросы обеспечения надежного функционирования систем становятся определяющими. Из теории надежности [2] следует, что повышение показателей надежности системы состоящей из компонентов с конечной надежностью можно осуществить путем повышения показателей надежности составляющих компонентов (параметрический подход) и за счет элементной избыточности путем резервирования наиболее критичных элементов (структурный подход). Эти подходы глубоко прорабатываются [3, 4], однако извечная проблема создания надежной системы из ненадежных элементов сохраняется, поэтому любые подходы, направленные на повышение надежности системы, остаются актуальными.

Постановка задачи. Проблема предвидения состояния изделия применительно к рассматриваемой задаче повышения параметров надежности термоэлектрических устройств важна как с прикладной, так и с концептуальной позиций. Для систем с обслуживаем это позволит заранее определить риски функционирования системы на грани срыва работоспособности и предпринять меры по их минимизации.

Целью настоящей работы является анализ возможности прогнозирования вероятностных путей выхода за допустимые пределы показателей надежности термоэлектрических охладителей.

Основная часть. Под прогнозом будем понимать установление причинно-следственных связей основных значащих показателей анализируемого изделия на показатели надежности изделия и выявление вероятных путей развития воздействия дестабилизирующих процессов на показатели надежности во времени. Время предсказания, т.е. промежуток от последнего определения состояния изделия до момента, к которому относится прогноз, условно разделяют на краткосрочное, среднесрочное, долгосрочное. Абсолютные величины этих промежутков существенно разнятся, однако принципиально важно то, что они отличаются по существу. Среднесрочное и долгосрочное предсказание нацелено на выявление тенденций развития дестабилизирующего процесса, при этом на тенденцию оказывают влияние и незначимые на первый взгляд факторы и неопределенности. При этом неопределенность является камнем преткновения, поскольку не существует способа однозначного определения действительного положения вещей в будущем даже в детерминированной системе, поскольку невозможно предвидеть все виды воздействия на нее и тем более результаты этих воздействий.

Процессы деградации передаточных характеристик, в первую очередь эффективности термоэлектрического материала, обладают большой инерционностью, что

можно использовать при выделении частотных свойств трендовой составляющей. Различные воздействия результаты на определения эффективности термоэлектрических материалов приводит к тому, что естественным становится статистический подход к прогнозированию. Эффективность термоэлектрического материала определяется следующим образом [5]: $z = \alpha^2 \sigma / k$, где z – коэффициент термоЭДС, σ – удельная электропроводность, k – удельная теплопроводность. Очевидно, что компоненты этого выражения зависят от используемых материалов, технологии изготовления термоэлементов и термоэлектрического охладителя, внешней температуры и условий эксплуатации. Теоретически деградацию эффективности термоэлектрического материала обычно аппроксимируют экспонентой. Реальный характер деградации во времени эффективности термоэлектрического материала при проведении экспериментальных испытаний имеет сложную ниспадающую форму [6].

Условно характер процесса деградации термоэлектрического материала можно разбить на две составляющие: трендовая, связанная с деградацией свойств материала; высокочастотная, связанная с шумами и кратковременным влиянием нагрузки и воздействием внешних факторов. Условность такого представления базируется на стационарности процесса, поскольку основные моменты (математическое ожидание, дисперсия) применимы только к стационарным процессам, что при наличии тренда не соответствует действительности, можно только говорить только о квазистационарности на некотором временном интервале.

Критерием квазистационарности могут служить допустимая для данной задачи величина отклонения трендовой составляющей от константы, т.е. объективизация разделения влияния постоянно действующих факторов, связанных с изменением свойств материала термоэлемента и случайных отклонений от них. Отсюда вытекает, что участок тренда должен быть аппроксимирован прямой, причем длина временного участка будет меняться в зависимости от скорости изменения тренда, что является дополнительным информационным признаком интересующего процесса.

Для проверки стационарности ряда выборок для выделения тренда необходимо снизить влияние случайной составляющей, под которой будем понимать собственно шумовую составляющую анализируемого ряда, составляющую, вызванную влиянием внешних факторов (температуры, давления, влажности) на составляющие компоненты эффективности термоэлектрического материала.

Математическое ожидание на квазистационарном участке, а точнее среднее значение выборочного ряда, может быть использовано в качестве обобщающей характеристики, в которой поглощаются все индивидуальные характеристики процесса деградации надежностных характеристик. Скрываются более быстрые динамические процессы, которые могут существенно исказить прогноз времени выхода изделия из строя, т.к. они также несут полезную для прогноза информацию.

Оценим возможности выделения трендовой составляющей процесса деградации термоэлектрического материала при условии, когда стохастическая составляющая сигнала значительна, т.е. при низких отношениях сигнал/шум. Решение этой задачи стандартными методами теории линейной фильтрации связано с определенными трудностями, поскольку эти методы предусматривают отношение сигнал/шум, близкое к 3 как граничное, когда линейные фильтры еще уверенно работают [7]. Нелинейные методы менее критичны к данной характеристике преобразования, тем более, что сама цифровая обработка по сути своей является нелинейным процессом.

Применительно к решаемой задаче интересным представляется известный метод последовательного приближения, на базе которого строились аналого-цифровые преобразователи высокой разрядности. Он состоит в том, что последовательно добавляют или вычитают значение младшего разряда и сравнивают его с измеряемой величиной. Понятно, что скорость такого преобразования крайне низка, однако для решаемой задачи этот параметр не является значимым, поскольку скорость важна для переходных

процессов, а начальный уровень показателя эффективности материала можно загрузить при тестировании нового изделия.

Суть предложенного модифицированного метода последовательного приближения состоит в том, что вводится дополнительная функция нечувствительности цифроаналогового преобразования, которая построена по принципу реверсивного подсчета тактовых импульсов со знаком, определяемым знаком компаратора, сравнивающего входной и сформированный цифроаналоговым преобразователем сигналы. Очевидным достоинством такого решения является появление возможности управляемой фильтрации шумов путем изменения число разрядов реверсивного счетчика зоны нечувствительности и возможность обработки сигналов с отношением сигнал/шум существенно меньшим единицы.

Формирование квазистационарных участков после получения отфильтрованных данных тренда показателя эффективности термоэлектрического материала при заданной погрешности преобразования, построение по средним квазистационарных участков, а также экстраполяция поведения тренда до критического уровня, не представляет трудностей даже для простых однокристалльных процессоров, поскольку никаких требований к скорости преобразования не предъявляется.

Выводы

1. Обоснован критерий определения периода квазистационарности процесса деградации свойств термоэлектрического материала по объективному показателю – допустимой величине отклонения тренда эффективности от константы.

2. Предложен вариант технического решения предсказателя вероятного времени достижения показателя эффективности термоэлектрического материала элемента критического уровня, при котором термоэлектрический охладитель признается неработоспособным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайков, В.П. Влияние тепловой нагрузки на показатели надежности термоэлектрического устройства [Текст] / В.П. Зайков, Л.А. Киншова, В.И. Марченко // Тепловые режимы и охлаждение РЭА. – 2003. – Вып. 1. – С. 56 – 62

2. Острейковский, В.А. Теория надежности [Текст] / В.А. Острейковский – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.

3. Половко, А.М. Основы теории надежности. Практикум. [Текст] / А.М. Половко, С.В. Гуров – СПб: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.

4. Александровская, Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем. [Текст] / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов – М.: Логос, 2001. – 208 с.

5. Зайков, В.П. Прогнозирование показателей надежности термоэлектрических охлаждающих устройств [Текст] Книга 1. Однокаскадные устройства / В.П. Зайков, Л.А. Киншова, В.Ф. Моисеев – Одесса: Политехпериодика, 2009. – 118 с.

6. Громов, Г.Г. Комплексный метод контроля качества конструкции и эксплуатационной надежности термоэлектрических модулей в составе оптоэлектронных приборов [Текст] / Г.Г. Громов, И.А. Драбкин, Л.Б. Ершова // Прикладная физика. – 2007. – № 4. – http://www.rmtld.ru/docs/technology/publications/Complex_method_rus.pdf

7. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А.Б.Сергиенко // БХВ-Петербург, 2011. – 758 с.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Россохатий В.О.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Известные исследования влияния магнитно-импульсной обработки (МИО) на физико-химические свойства углеводородного топлива [1]. Магнитное поле может влиять только на электрические заряды, находящиеся на границах неоднородностей. В углеводородном топливе наличие электрических зарядов незначительно, что приводит к противоречивым результатам исследований. В одних примерах положительные качества топлива увеличиваются, а в других – уменьшаются. Большинство исследователей используют магнитные поля недостаточной мощности (до 0,3 мТ), а сами исследования проводились в небольшом интервале частот импульсов.

Актуальность исследования. Экономия углеводородного топлива, а также экологические проблемы, связанные с продуктами его сгорания, несгоревший углеводород (СН) и вещества, которые отравляют окружающую среду, например угарный газ (СО), а в дизельных двигателях дымность, относятся к наиболее актуальным на сегодняшний день проблемам. Магнитно импульсная обработка топлива позволит существенно повысить его экономическую эффективность и экологические показатели, что и определяет актуальность предлагаемой работы.

Целью настоящей работы является разработка конструкции установки для исследования влияния магнитно импульсной обработки на свойства углеводородного топлива (дизельного топлива).

Постановка задачи. Для достижения поставленной цели при проведении исследований влияния импульсного магнитного поля на углеводородное топливо необходимо контролировать определенное количество параметров, а именно: весовой расход топлива, температуру двигателя, топлива, выхлопных газов, состав продуктов горения и дымность дизельного двигателя, а также возможность измерять другие характеристики углеводородных топлив (дизельного топлива) непосредственно после его (МИО).

Результаты исследований. В качестве объекта исследования взято летнее дизельное топливо, которое применяется при температуре воздуха окружающей среды до 0 градусов по Цельсию и выше. Его цетановое число - 45, плотность при 20 градусах по Цельсию - 850 кг/куб.м, вязкость при 20 градусах по Цельсию - 5 кв.мм/с, температура застывания составляет - 10 градусов по Цельсию. В дизельном топливе не обнаружена вода, механические примеси, кислоты и щелочи. Соединения серы не обнаружены, они допускаются только в зимнем топливе в массовых долях не более 0,2% и 0,05 %, в зависимости от сорта топлива. Дизельное топливо обрабатывается импульсным магнитным полем создаваемым генератором импульсов в соленоиде. [2]

Как известно химический состав дизельного топлива выражается в 10-40% парафиновых углеводородов, от 20 до 60% могут быть нафтеновые и 14-30% ароматические углеводороды. Такой процентный разброс происходит из-за многообразия видов дизельного топлива (ДТ). У летнего одно содержание веществ, у зимнего другое, а арктическое имеет свою формулу. При этом зимнее и арктическое топливо еще разделяются на свои подвиды. Повышенное содержание серы может стать причиной снижения мощности двигателя из-за неполного сгорания смеси. Также это вредное вещество, наносящее огромный вред окружающей среде. Не менее важен для определения ключевых показателей и фракционный состав дизельного топлива. Он существенно влияет на полноту сгорания, токсичность отработанных газов. Фракционный состав

дизельного топлива определяют способом перегонки. Для этого фиксируется температура в момент, когда выкипело 10% горючего, 50%, 90%, последние измерения делают, когда ДТ выкипело полностью. Температурный диапазон кипения дизтоплива лежит в пределах от 150 до 360°C. Дизтоплива с тяжелым фракционным составом кипят, при температуре 230-360°C. Также следует сказать, что фракционный состав дизельного топлива оказывает заметное влияние на пуск холодного двигателя. Ведь нижний порог кипения определяет условия испаряемости. Следовательно, в камере сгорания будут быстрее создаваться условия для самовоспламенения [3].

При воздействии импульсного магнитного поля на молекулы углеводорода удается получить молекулярные комплексы с малым содержанием углерода и низким молекулярным весом, которые обладают более высокой теплотой сгорания. Таким образом, предполагается возможность экономии дизельного топлива при совершении одной и той же работы [1].

Нами была разработана установка для исследования влияния импульсного магнитного поля на свойства углеводородного топлива (ДТ) создаваемого в соленоиде, в активной части которого находится топливопровод (с разной частотой и величиной магнитной индукции импульсного магнитного поля), схема установки показана на рис. 1.

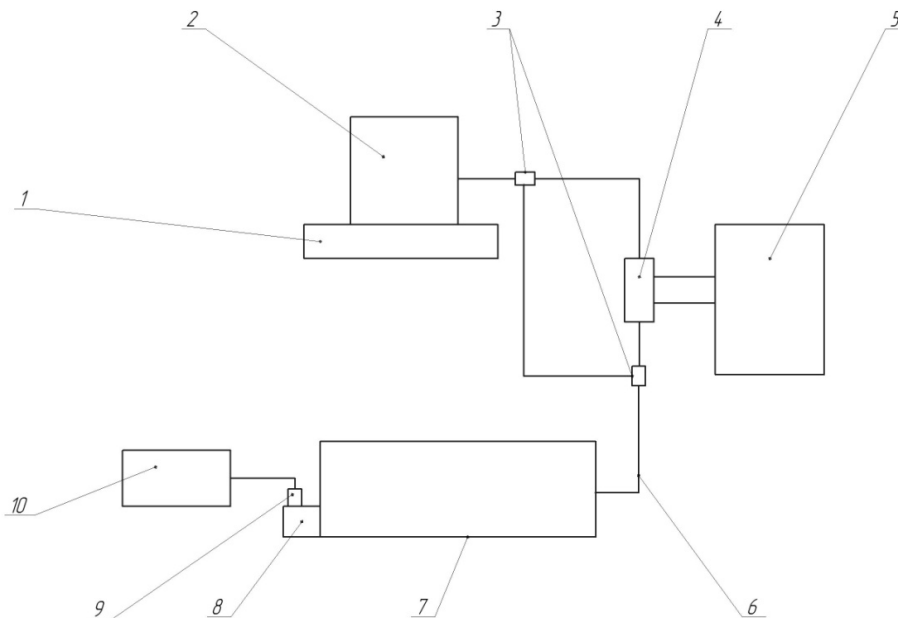


Рисунок 1 – Схема установки для исследования влияния импульсного магнитного поля на свойства углеводородного топлива

Установка снабжена: 1 – электронными лабораторными весами ТВЕ-6-0,1, четвертого класса точности с максимальным пределом взвешивания до 6000 г и дискретностью 0,1 г; 2 – ёмкостью под топливо; 3 – двумя кранами для переключения подачи топлива через соленоид для магнитно-импульсной обработки топлива, и мимо него; 4 – соленоидом; 5 – блоком управления генератором импульсов; 6 – топливопроводом; 7 – однофазным дизельным генератором «Forte FGD6500E»; 8 – выхлопным патрубком с вставкой для зонда; 9 – пробоотборный зонд; 10 – дымомером марки «ИНФРАКАР-Д».

Импульсное магнитное поле создается в соленоиде 4, после подачи на него импульса с блока управления генератора 5, работающего по принципу дискретно - градиентной обработки, данный генератор импульсов разработан для последующего применения в системах питания, судовых и автомобильных двигателях. Габаритные размеры и мощность соленоида 4 зависит от мощности двигателя и его объема. Во время

исследований нами планується використовувати різну силу магнітних імпульсів і тривалість впливу на паливо (ДТ).

При незмінності умов експеримента фізико-хімічного складу дизельного палива, температури повітря і вихлопних газів, умов горіння з допомогою пробортборного зонда 9, який підключено до димомеру марки «ИНФРАКАР-Д» можливо виміряти димність оброблених газів дизельного двигача, також з допомогою даного прилада контроль оборотів і температури масла в двигачі. Ваговий контроль витрати палива відбувається з допомогою електронних лабораторних ваг марки «ТВЕ-6-0,1». Контроль температури вихлопних газів проводиться з допомогою пирометра марки «UNI-T UT305C» з діапазоном вимірювань від 50 °С до 1050 °С.

Висновки. Була розроблена установка для дослідження впливу імпульсного магнітного поля на властивості вуглеводородного палива (дизельного палива) яка дозволяє зафіксувати зміну температури і димності вихлопних газів а також витрати палива, при впливі на дизельне паливо імпульсним магнітним полем різної сили і тривалості. Згідно представленій схеми установки і її опису, поставлені в роботі завдання по досягненню заданих технічних характеристик установки виконані.

ЛИТЕРАТУРА

1. Третьяков И.Г. Влияние магнитного поля на физико-химические свойства топлив / Третьяков И.Г., Баленко В.А. // Электронная обработка материалов. – 1990. – №1. – С. 28-29.
2. Погорлецкий Д.С., Малыгин Б.В., Галкин С.А. Разработка конструкции генератора импульсов для магнитно-импульсной обработки углеводородного топлива на автотранспорте. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT - 2013). Матеріали 5 Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт.. Е. 2. – Херсон : ХДМА, 2013., С.203-204
3. Електронний ресурс. – Режим доступу : <http://www.ntkcard.ru/info/81-ximicheskij-i-frakcionnyj-sostav-dizelnogo-topliva>

СКОРОСТЬ ПОСТУПЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗНАШИВАНИЯ В МОТОРНОЕ МАСЛО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Наглюк И.С.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. На современном этапе развития автомобильного транспорта к новой технике предъявляются жёсткие и все возрастающие требования по повышению надёжности, долговечности и уменьшения экологического ущерба наносимого окружающей среде, а также снижению расхода топлива и смазочных материалов. Реализация ресурса заложенного в двигателе, возможна только при использовании смазочных материалов современного поколения, полностью соответствующих по эксплуатационным свойствам их конструкционным особенностям и условиям эксплуатации.

Регламентированные сроки смены масел не всегда обоснованы ввиду применения двигателей различных моделей и модификаций, работающих в неодинаковых условиях эксплуатации. Масла, как правило, к сроку замены не исчерпывают запаса своих эксплуатационных свойств и могут работать дольше без снижения надёжности работы двигателей. При достижении одним или несколькими показателями качества масла предельных значений происходит увеличение скорости изнашивания деталей, повышение склонности масла к образованию нагара и лаковых отложений в двигателе, что в результате снижает надёжность, экологичность и экономичность автомобиля.

Анализ исследований и публикаций. В процессе эксплуатации автомобилей, при работе двигателя масло выполняет функции накопителя продуктов изнашивания и загрязнений, а это приводит к изменению основных показателей качества масла. К основным видам загрязнений масел в процессе их эксплуатации в двигателе можно отнести органические (углеводородные) и неорганические (продукты изнашивания трущихся деталей).

Неорганические загрязнения попадают в масло, вследствие механического износа трущихся деталей двигателя и представляют собой главным образом кварцы, полевые шпаты, оксиды металлов и металлические частицы [1].

Значения скорости поступления загрязняющих примесей в моторное масло при работе бензиновых двигателей легковых и грузовых автомобилей составляет 5 – 40 мг/(л.с. ч) или 0,1 – 1,5 мг/(л.с. км), дизельных четырехтактных автомобильных двигателей 16 – 60 мг/(л.с. ч) или 0,5 – 2 мг/(л.с. км), а двухтактных дизельных 48 – 90 мг/(л.с. ч) или 1,6 – 3 мг/(л.с. км) [2].

Скорость поступления продуктов износа (железа) в моторное масло при обкатке новых и отремонтированных дизелей СМД-62 изменялась от 0,2 до 0,48 г/ч [3].

Допустимая скорость изнашивания для двигателей КамАЗ-740 при установленном износе составляет 2 кг Fe/10⁵ ч (20 мг/ч) [4].

Средняя скорость поступления железа в моторное масло М-10В двигателей ЯМЗ-238 автомобилей КраЗ-256Б при установленном изнашивании составил 0,77 г Fe/1000 км [5].

Целью работы является исследование изменения скорости поступления продуктов изнашивания (железа) в моторное масло различных производителей при работе автомобилей в разных условиях эксплуатации от количества израсходованного топлива и пробега.

Материалы и результаты исследований. Скорость поступления продуктов изнашивания в масло является обобщающим показателем характеризующим качество применяемого топлива, масла и техническое состояние агрегатов и двигателя, его систем

и механизмов, а также нагрузочно – скоростные режимы работы. Скорость поступления продуктов изнашивания можно определить по формуле

$$I = F \cdot V_m \cdot \rho_m / Q, \quad (1)$$

где F – концентрация продуктов износа в масле; V_m – объём системы смазки двигателя; ρ_m – плотность масла; Q – количество израсходованного топлива за период работы масла в двигателе, л.

В табл. 1 приведены результаты скорости поступления железа в моторное масло при выполнении работ по замене масел очередного технического обслуживания.

Таблица 1 – Скорости поступления продуктов износа (железа) в моторное масло при эксплуатации автомобилей и автобусов

<i>Марка автомобиля, автобуса</i>	<i>Марка моторного масла</i>	<i>Объём системы смазки двигателя, л</i>	<i>Скорость поступления железа в моторное масло, мг/км</i>	<i>Скорость поступления железа в моторное масло, мг/л топлива</i>
1	2	3	4	5
ЗА3-1102	М-5з/10Г1	3,45	0,053	0,66
ЗА3-110307-42	ХАДО Atomic oil SAE 10W-40 API SL/CI-4	3,45	0,12	1,51
Москвич -2140	AVIA MULTI HDC EXTRA SAE 15W-40 API CF-4/SG	5,2	0,035	0,32
Москвич-412	Super Motor Oil SAE 20W-50 API SJ	5,2	0,16	1,47
ВАЗ-2101	Азмол Турбо 1 SAE 15W-40 API SG/CF-4	3,75	0,13	1,5
ВАЗ-2109	Mobil SAE 10W-30 API SG/CC	3,5	0,045	0,5
ВАЗ-2115	Pure Syntec SAE 5W-40 API SJ/CF	3,5	0,11	0,99
ВАЗ-21104	Galaxis Extra 2 SAE 10W-40 API SL/CF/EC	3,5	0,022	0,31
ГАЗ-24	AVIA MULTI HDC SAE 15W-40 API CF-4/SG	6	0,15	1,27
ГАЗ-3302	ХАДО Atomic oil SAE 15W-40 API SL/CI-4	6	0,11	0,58
ГАЗ-31105	ОПТИМАЛ Класик SAE 10W-40 API SG/CF-4	6	0,16	1,6
Hyundai Pony	Castrol Magnatec SAE 10W-40 API SJ/CF	3,3	0,044	0,63
Hyundai Getz	Shell Helix SAE 5W-30 API SL/CF	3,3	0,01	0,12

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
Hyundai I-30	Shell Helix SAE 5W-30 API SM/CF	3,3	0,034	0,43
Hyundai Accent	Shell Helix SAE 5W-30 API SM/CF	3,3	0,03	0,48
Toyota Land Cruiser	Shell Helix SAE 10W-40 API SM/CF	7,4	0,12	0,75
BMW 520	Castrol TXT SAE 5W-40 API SJ/CF	4,25	0,023	0,21
Reno 25	Elf TXI SPORT SAE 15W-40 API SL/CF	6	0,19	2,1
ПАЗ-4234	М-10ДМ	15	0,093	0,37
Богдан -А091	Essolube XT-3 SAE 15W-40 API CF-4/CH	10,5	0,076	0,39
Икарус-256	Shell Rimula TX SAE 15W-40 API CF-4/SG	22	0,12	0,41
VANHOLL	Shell Rimula TX SAE 15W-40 API CF-4/SG	25	0,068	0,27
КамАЗ-5320	М-10Г2К	26	0,054	0,17
КамАЗ-5410	М-10Г2К	26	0,048	0,1
КамАЗ-55102	М-10Г2К	26	0,079	0,12
Зил-431410	М-8В	8,5	0,089	0,23
Reno Magnum	ХАДО Atomic oil SAE 10W-40 API SL/CI-4	34	0,029	0,08
Komatsu HD 1200	Mobil Delvac MX 15W-40, API CI-4/SL	135	0,29	0,043
БелАЗ-75121	Крол Альфа SAE 10W – 40 API CF-4/SH	260	0,91	0,15

Наименьшая скорость поступления железа в моторное масло на момент замены (табл.1), составила 0,043 мг/л автомобиль-самосвал Komatsu HD 1200 (Mobil Delvac MX SAE 15W-40 API CI-4/SL), а наибольшая 1,6 мг/л у автомобиля ГАЗ-31105 (ОПТИМАЛ Класик SAE 10W-40 API SG/CF-4).

Суммарный расход топлива является интегральным показателем и объективнее учитывает реальные условия эксплуатации автомобиля за каждый день её работы, нагрузку на агрегаты, квалификацию водителя, дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия, чем наработка в км или часах работы.

Анализ моторных масел, сливаемых с двигателя, при выполнении технического обслуживания (ТО-2) автомобилями КамАЗ показал, что у многих автомобилей, на момент замены масла, скорость поступления продуктов изнашивания (железа) в моторное масло находится в пределах 0,05-0,28 мг/л израсходованного топлива. В автомобиле КамАЗ-5320 скорость поступления железа в моторное масло составила 0,65 мг/л топлива, что в несколько раз выше, чем у большинства автомобилей работающих в этих же условиях. При углубленном диагностировании было установлено, что это вызвано

неисправной работой системы фильтрации масла. После замены масла в двигателе вначале происходит увеличение скорости поступления железа в масло, а затем снижение и наблюдается стабилизация до следующей замены [6].

Выводы. Зная скорость поступления продуктов изнашивания в масло мг/л израсходованного топлива, при работе автомобиля в одинаковых условиях, на маслах различных производителей можно с большей достоверностью утверждать о работоспособности двигателя на этих маслах, сроках их замены и техническом состоянии систем и механизмов двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Венцель Е. С. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел / Е. С. Венцель, С. Г. Жалкин, Н. И. Данько. – Харьков : УкрГАЗТ, 2003. – 168с.
2. Григорьев М. А. Качество моторного масла и надежность двигателей / М. А. Григорьев, Б. М. Бунаков, В. А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1981.– 232с.
3. Федин Н. А. Результаты сравнительной оценки качества новых и отремонтированных дизелей / Н. А. Федин // Труды ГОСНИТИ. – 1982. – Т.68. – С. 51–57.
4. Соколов А. И. Диагностирование современных ДВС по параметрам работавшего масла / А. И. Соколов, Н. Т. Тищенко, В. А. Аметов // Двигателестроение. – 1989. – № 10. – С. 29–31.
5. Соколов А. И. Применение эмиссионного спектрального анализа масла для оценки износа и свойств работавшего масла / А. И. Соколов, Н. Т. Тищенко. – Томск: Изд-во Томского университета, 1979. – 208с.
6. Наглюк И.С. Скорость поступления продуктов износа в моторное и трансмиссионное масло при эксплуатации транспортных машин / И. С. Наглюк // Вісник СевНТУ: зб. наук. праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2011. – Вип. 121/2011. – С. 114 -117.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ

Наговский Д.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Вопросы безопасности мореплавания являются важнейшими в области судоходства. Соответственно, сохранность электрооборудования, отвечающего за живучесть судна, играет немаловажную роль в процессе эксплуатации судов. Внедрение на суда автоматических регуляторов напряжений в большинстве случаев позволяет обеспечить защиту судовых потребителей электроэнергии, в том числе и ответственных, т.е. отвечающих за живучесть судна.

Актуальность исследований. Отказ автоматического регулятора напряжения (АРН) на судне может иметь тяжкие последствия. Одним из таких последствий может стать полное обесточивание судна или выход из строя дорогостоящего судового электрооборудования.

В связи с проявлением частых отказов[4] автоматических регуляторов напряжения судовых дизель-генераторов и, как следствие, чрезмерных скачков напряжения в судовой сети (свыше 600 В), с целью предотвращения выхода из строя навигационного, бытового и иного судового оборудования, возникает необходимость повышения степени защиты от повышенного напряжения и бросков токов в сети. Это смогло бы обезопасить не только судовые потребители, но и АРН генераторов.

Постановка задачи. Обеспечить дополнительную электрическую защиту АРН и судовых потребителей электроэнергии от повышенного напряжения и бросков тока в сети.

Результаты исследований. Автоматический регулятор напряжения предназначен для управления током возбуждения без щеточных синхронных генераторов[1]. Исходное возбуждение поступает от трехфазного подвозбудителя РМГ. При этом управляющие цепи АРН отключаются от эффектов нелинейных нагрузок и уменьшается влияние частоты на напряжение генератора. Таким образом, РМГ используется для лучшего возбуждения БСГ[1].

АРН измеряет напряжение генератора и управляет возбуждением для поддержания напряжения на заданном уровне, компенсируя изменение нагрузки, частоту вращения, температуру и $\cos\varphi$ генератора[1].

Измерение частоты цепи и частоты вращения вала генератора обеспечивает защиту от пониженной частоты системы возбуждения понижением выходного напряжения генератора пропорционально установленной частоте вращения.

Максимальное возбуждение ограничивается безопасным периодом отключения выходного устройства АРН. Это состояние сохраняется до полной остановки генератора.

АРН включает защиту от перенапряжения с отключением выходного устройства регулятора и возможности отключения генераторного автомата в случае различных неполадок при оптимальном возбуждении.

Принципиальная схема системы возбуждения показана на рис. 1.

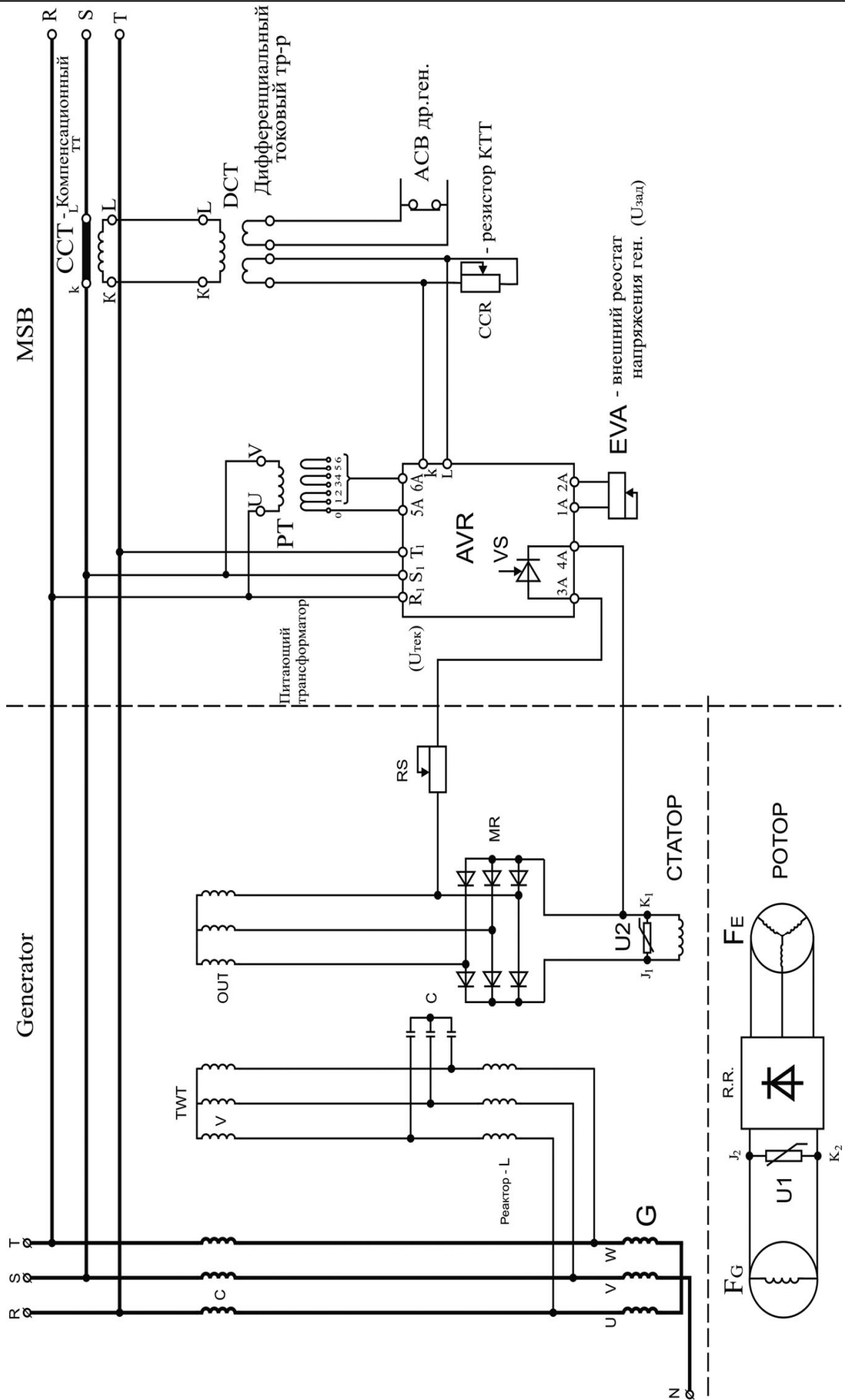


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы возбуждения генератора

В результате проведенных исследований было решено, что во многих случаях предпочтительней обесточить судовое оборудование, вместо того, чтобы вывести его из строя чрезмерно превышенным напряжением питания. Тем не менее, в ряде частных случаев, может возникнуть необходимость отключать защиту, если предпочтительней поддерживать питание судна, не смотря на риски повредить оборудование. Исходя из изложенных концепций, было разработано, установлено и протестировано устройство в виде дополнительной защиты, позволяющее реализовать предъявленные требования. Внешний вид показан на рис. 2.

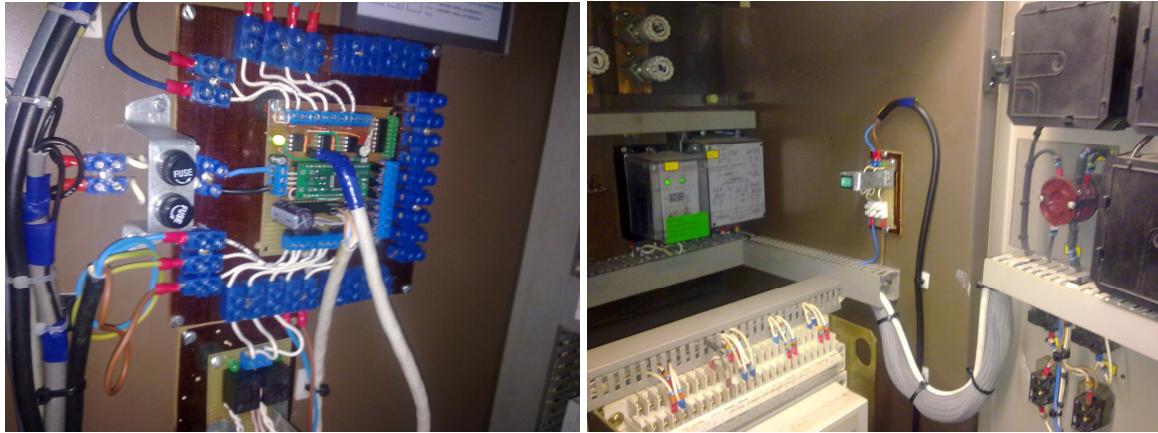


Рисунок 2 – Внешний вид дополнительной защиты от повышенного напряжения в судовой сети

Система защиты опрашивает по очереди генераторы и сравнивает текущее значение напряжения с заданным (напряжение на генераторе больше заданного напряжения оператором) и, если условия не удовлетворяют, подается световой и звуковой сигнал. В случае если напряжение не нормализуется более 500 мс. или увеличится в промежутке этого времени на больше чем на 10% то происходит отключение генераторного автомата не рабочего генератора с шин ГРЩ. После чего происходит повторный опрос на наличие напряжения на проблемном генераторе в размере выше заданного. В случае обнаружения одного происходит остановка дизель-генератора. При параллельной работе генераторов, если напряжение не удовлетворяет заданному, происходит отключение неработоспособного генератора от шин ГРЩ и, если напряжение на шинах ГРЩ остается выше заданного, отключается второй генератор. В случае дальнейшего наличия повышенного напряжения происходит остановка дизеля [3, 4].

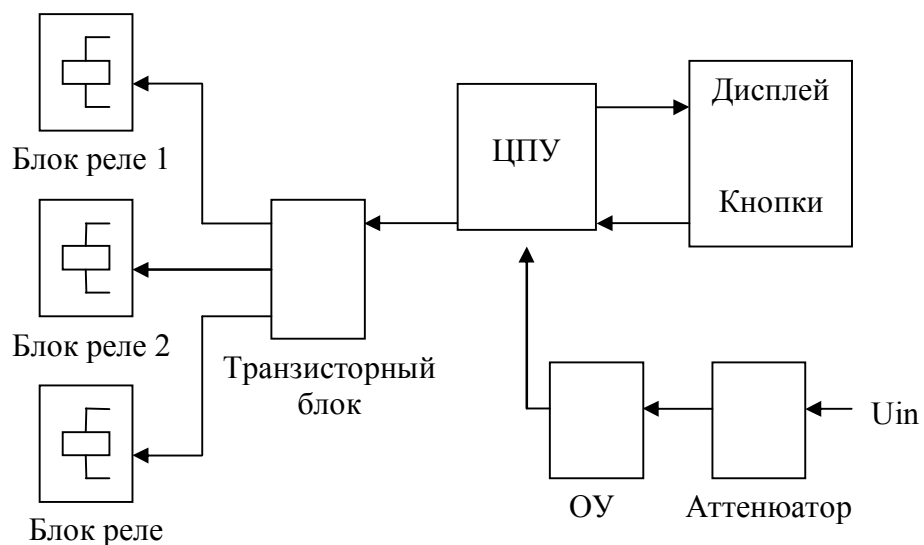


Рисунок 3 – Структурная схема дополнительной системы защиты СГ

На рис. 3 представлена структурная схема дополнительной защиты судовых дизель-генераторов [4].

Выводы. В виду важности сохранности приборов, отвечающих за живучесть судна, целесообразно совершенствовать средства и системы защиты судовых генераторов, а так же судовых потребителей. При наличии современных электронных компонентов, возможно и необходимо использовать дополнительные меры защиты вышеуказанных объектов с уставками выше, чем этого требует Регистр, если это не приведет к неправильной эксплуатации оборудования и не противоречит правилам технической эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толстов А.А. Магнитный контроль корпусов морских судов в процессе грузовых и балластных операций. Учебное пособие. – Одесса : ИздатИнформ, 2006. – 148 с.
2. . Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы программы. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. –288 с.
3. Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 131с.
4. Щербаков Ю.В., Наговський Д.А. Устройство защиты от перенапряжения для судовых ДГ. /Ю.В. Щербаков, Д.А. Наговський // Сучасні проблеми морського транспорту та безпека мореплавства: четверта Всеукраїнська наукова конференція, 20 листопада 2014р.: матеріали конференції – Херсон : ХДМА, 2014 . – С.411-413.

ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ РОЗРОБКИ ҐРУНТУ РОЗПУШНИКОМ

Пелевін Л.Є., Карпенко М.М.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. Підвищення ефективності роботи розпушників за рахунок збільшення їх потужності і маси вже практично себе вичерпало. Тому зараз актуально вирішення проблеми за рахунок удосконалення конструкції навісних пристроїв і робочих органів розпушників.

Актуальність. Внаслідок великої міцності робочих середовищ, що роздроблюються розпушниками з утворенням великих уламків середовища, виникають значні динамічні навантаження на робочому органі, що може призводити до поломок наконечників і стояків. Тому актуальним постає питання у створенні робочих органів розпушників, які одночасно дозволяють зменшити енергоємність розробки ґрунту так динамічні навантаження на стояки.

Основний матеріал. Для зменшення впливу динамічних навантажень на робочий орган пропонується нова конструкція наконечника розпушника активної дії (рис. 1) [1].

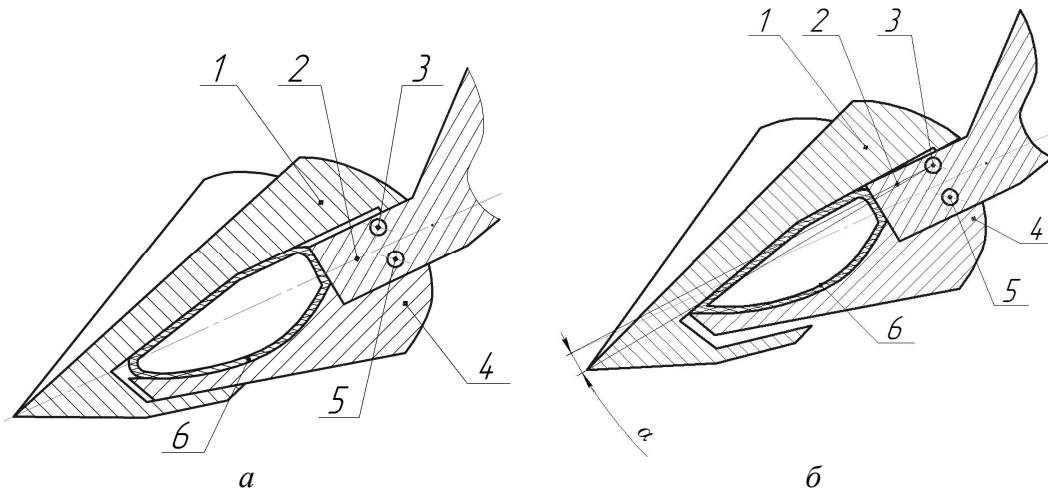


Рисунок 1 – Наконечник активної дії: *a* – при відсутності навантаження силами опору ґрунту; *б* – при навантаженні силами опору ґрунту

Наконечник складається з двох частин – верхньої 1, закріпленої на стояку 2 пальцем 3, і нижньої 4, яка жорстко кріпиться до стояка пальцем 5. Верхня частина має можливість повороту відносно пальця. Внутрішні поверхні верхньої і нижньої частин утворюють порожнину, в якій розміщено еластичну камеру 6, заповнену гідравлічною рідиною. При цьому верхня частина виконана з боковими пластинами 7, які охоплюють нижню частину по всій довжині наконечника.

В робочому режимі під дією сил опорів ґрунту різанню верхня частина наконечника обертається у напрямку, протилежному напрямку переміщення розпушника на деякий кут α . При цьому сили опорів ґрунту сприймається робочою рідиною, що сприяє зменшенню величини динамічних навантажень. Величина тиску у робочій рідині збільшується і, відповідно, збільшується зусилля дії рідини на стінки камери, яке передається на верхню частину наконечника. При відокремленні від масиву елементу сколу ґрунту різальна кромка наконечника звільнюється від контакту з масивом і різко зменшується сила опору ґрунту, що діє на наконечник. При знятті навантаження на камеру відбувається її розтяг, за рахунок якого верхня частина наконечника обертається в напрямку переміщення розпушника, додатково руйнуючи ґрунт. При цьому ґрунт може руйнуватися не тільки в межах контакту з передньою гранню, але й в масиві перед нею за

рахунок виникнення хвиль напруг і деформацій, що в деякій мірі зменшує міцність ґрунту.

Сприймання зовнішнього навантаження еластичним елементом (камерою з гідравлічною рідиною) знижує величину динамічних навантажень на робочий орган.

Руйнування ґрунту наконечником звичайної конструкції відповідає схемі «статичного» різання. При застосуванні наконечника запропонованої конструкції завдяки наявності динамічного навантаження на ґрунт опори ґрунту зменшуються і зменшується енергоємність різання ґрунту.

Енергоємність різання ґрунту чисельно дорівнює середній питомій силі різання [2].

При «статичному» різанні енергоємність залежить від середньої сили різання $P_{сер}$ і площі перерізу зрізу в масиві $F_{зр}$:

$$e = \frac{P_{сер}}{F_{зр}} \quad (1)$$

При динамічному різанні енергоємності дорівнюватиме:

$$e = \frac{P_{ст} - P_{д}}{F_{зр}}, \quad (2)$$

де $P_{д}$ – динамічна сила різання, що створюється верхньою частиною наконечника.

Динамічна сила різання буде дорівнювати:

$$P_{д} = P_p + P_g, \quad (3)$$

де P_p – зусилля, що виникає в робочій рідині внаслідок її стискання при дії зовнішнього навантаження; P_g – зусилля в робочій рідині, що виникає за рахунок її зміни об'єму.

Зусилля P_p дорівнює:

$$P_p = \Delta p \cdot S, \quad (4)$$

де Δp – зміна тиску при зовнішньому навантаженні; S – площа лобової передньої грані наконечника.

Величина Δp дорівнює [3]:

$$\Delta p = \frac{\Delta V}{\beta_p \cdot V_o}, \quad (5)$$

де ΔV – зміна об'єму гідравлічної рідини в камері при навантаженні; V_o – початковий об'єм гідравлічної рідини в камері; β_p – об'ємний коефіцієнт стиснення, який є сталою величиною для кожної рідини.

Зусилля P_g дорівнює [3]:

$$P_g = \rho \cdot g \cdot h \cdot S, \quad (6)$$

де ρ – густина робочої рідини; g – прискорення вільного падіння; h – відстань від центра занурення робочої рідини до поверхні контакту еластичної камери з верхньою частиною наконечника.

За наведеною методикою були проведені розрахунки енергоємності різання ґрунту наконечником традиційної і запропонованої конструкції.

Результати розрахунків наведено в табл. 1 і табл. 2 та рис. 2.

Таблиця 1 – Результати розрахунків енергоємності різання ґрунту наконечником традиційної конструкції

№	h, м	$F_{зр}, м^2$	$P_{сер}, кН$	e, МДж/м ³
1	0,1	0,01	15,74	15,7
2	0,2	0,05	31,97	6,3
3	0,3	0,07	40,2	5,7
4	0,4	0,1	56,2	5,6

Таблиця 2 – Результати розрахунків енергоємності різання ґрунту наконечником запропонованої конструкції

№	$h, м$	$F_{зр}, м^2$	$P_{сер}, кН$	$P_{д}, кН$	$e, МДж/м^3$
1	0,1	0,01	15,74	1,52	14,2
2	0,2	0,05	31,97	3,27	5,6
3	0,3	0,07	40,2	4,71	5,1
4	0,4	0,1	56,2	5,92	5

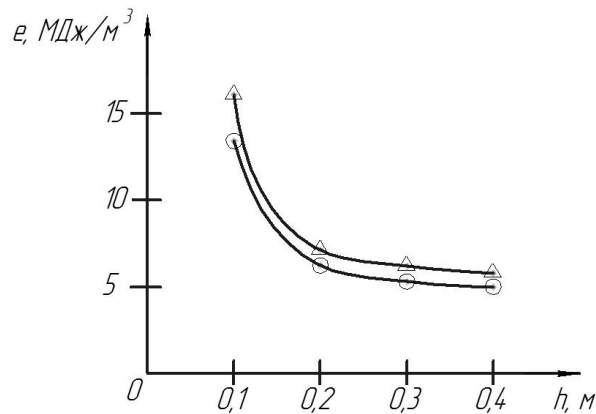


Рисунок 2 – Графік залежності енергоємності розробки ґрунту від глибини розпушення:
 Δ – простим гострим наконечником; \circ – активним наконечником

Висновок. Застосування наконечника запропонованої конструкції забезпечує зменшення величини динамічних навантажень на робочий орган за рахунок їх гасіння пружинним пристроєм у вигляді еластичної камери із робочою рідиною.

Енергоємність розробки ґрунту запропонованим наконечником на 10...12% нижча ніж наконечником традиційної конструкції, згідно розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заявка на корисну модель U 2014 12995, Зуб землерийної машини / Пелевін Л.Є., Карпенко М.М., Лаврик С.В.; заявник КНУБА; заявл. 04.12.2014.
2. Ветров Ю.А. Власов В.В. Машини для земляних робіт. Приклади розрахунку: Навч. посібник. – К.:ІСДО, 1995. –304 с.
3. Пелевін Л.Є., Смірнов В. М., Гаркавенко О. М., Фомін А. В. Гідро- та пневмоприводи будівельних машин: Підручник. – 2-е видання, доповнене і перероблене. – К.: КНУБА, 2002. – 328 с.

НАВАНТАЖЕННЯ НА РОБОЧИЙ ОРГАН ВІДВАЛЬНОГО ТИПУ

Пелевін Л.Є., Лаврик С.Л.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. Навантаження, що діють на відвал бульдозера мають нерівномірний розподілений характер по всій довжині відвалу. Особливо цей ефект проявляється при розробці ґрунту з неоднорідними включеннями, при цьому, може виникати перекося відвалу, неоднакові навантаження на гідроциліндри підйому, опускання відвалу та деформація відвалу. Тому стає актуально питання розробки відвалу з керованим режимом роботи не всього відвала в цілому, а окремих його частин.

Мета статті. На основі аналізу сил, які діють на відвал при розробці ґрунту, обґрунтувати:

- дисперсію сил опору різанню ґрунту на окремих ділянках ріжучої кромки ножа відвалу динамічної дії, при роботі в ґрунтах з включеннями;
- кореляцію сил опору на різних ділянках ножа;
- та розробити:
- систему автоматичного керування режимом роботи відвалу динамічної дії, яка дасть змогу зменшити зусилля, що потрібно прикласти до робочого органу для розробки ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Відомі залежності [1, 2] досить повно описують випадкову силу опору різанню на кожній окремо взятій ділянці ножа. Однак, щоб охарактеризувати навантажений стан ножа в цілому, при розрахунку на міцність відвалу бульдозера або при створенні навантажень на стенді під час випробувань відвалів, необхідно знати нормовані взаємні кореляційні функції $r_{p_i p_j}(\tau)$ для сил опору на різних ділянках ножа або відповідні нормовані взаємні спектральні щільності $g_{p_i p_j}(\omega)$. Відповідно гіпотезі В.В.Ничке [3], сили опору різанню на окремих ділянках ножа статистично незалежні і, отже, функції $r_{p_i p_j}(\tau)$ і $g_{p_i p_j}(\omega)$ тотожно рівні нулю. Ця найбільш проста гіпотеза, однак, не узгоджується з фізичною суттю процесу різання зв'язних ґрунтів, а деякі висновки з неї суперечать експериментальним даним.

При виборі найбільш відповідного виду для функцій $r_{p_i p_j}(\tau)$ були прийняті до уваги такі міркування: 1) функції: $r_{p_i p_j}(\tau)$ повинні мати такий же характер зміни, як і нормована кореляційна функція $\rho_{p_i}(\tau)$, але менші ординати, тому кореляція між окремими значеннями сил опору на різних ділянках ножа свідомо буде слабкіша, ніж на одній і тій же ділянці; 2) можна очікувати, що при $\tau = 0$ кореляція між силами p_i і p_j не є негативною і швидко зменшується в міру збільшення відстані між розглянутими ділянками ножа.

Відповідно до цих міркувань для опису нормованих взаємних кореляційних функцій $r_{p_i p_j}(\tau)$ запропонована формула:

$$r_{p_i p_j}(\tau) = e^{-\beta|i-j|} \rho_{p_i}(\tau), \quad (1)$$

де $\rho_{p_i}(\tau)$ – нормована кореляційна функція сили опору різанню для окремої ділянки ножа; β – емпіричний коефіцієнт, що залежить від властивостей ґрунту і довжини ділянок.

Якщо позначити $|i-j|=K$, формулу (1) можливо представити у вигляді:

$$r_{p_i p_{i+K}}(\tau) = e^{-\beta K} \rho_{p_i}(\tau). \quad (2)$$

Коефіцієнт β можна знайти дослідним шляхом з використанням залежності між дисперсіями загальної сили опору різанню та сили опору на окремій ділянці ножа. Згідно відомим властивостям стаціонарних випадкових процесів [4, 5], кореляційна функція загальної сили опору різанню:

$$K_p(\tau) = \sum_{i=1}^n K_{p_i}(\tau) + 2 \sum_{i < j} R_{p_i p_j}(\tau), \quad (3)$$

де $K_{pi}(\tau)$ – кореляційна функція сили на i -й ділянці ножа; $R_{pi pj}(\tau)$ – взаємна кореляційна функція сил на i -й і j -й ділянках ножа.

Праву частину формули (3) можна виразити через нормовані кореляційні функції сил:

$$K_p(\tau) = \sum_{i=1}^n D_{pi} \rho_{pi}(\tau) + 2 \sum_{i < j} \sqrt{D_{pi} D_{pj}} r_{pipj}(\tau), \quad (4)$$

де D_{pi} , D_{pj} – дисперсії сил опору різанню на i -й і j -й ділянках ножа; n – загальне число ділянок.

Враховуючи, що в даному випадку статистичні характеристики сил на окремих ділянках ножа однакові, і приймаючи до увагу вираз (2), отримаємо:

$$K_p(\tau) = D_{p1} \rho_{p1}(\tau) \left[n + 2 \sum_{K=1}^{n-1} (n-K) e^{-\beta K} \right]. \quad (5)$$

При $\beta \rightarrow \infty$ (відсутність статистичного зв'язку між окремими силами) вираз у квадратних дужках прямує до n , а при $\beta \rightarrow 0$ (абсолютно жорсткий зв'язок) він прямує до n^2 . Якщо $n=1$, вказаний вираз також дорівнює одиниці. В реальних умовах $n\beta \gg 1$ (кореляційний зв'язок між силами опору різанню на окремих ділянках повністю затухає в межах загальної ширини ножа). Тому отримуємо:

$$D_p = D_{p1} \left[n + \frac{2}{\beta} \left(n - 0,5 - \frac{1}{\beta} \right) e^{-0,5\beta} \right]. \quad (6)$$

Рівність (6) встановляє співвідношення між величинами D_p/D_{p1} , n і β , можуть бути використані для визначення параметра β за відомим значенням числа ділянок та відношення дисперсій D_p/D_{p1} . З цією метою на основі формули (6) побудована номограма, показана на рис. 1.

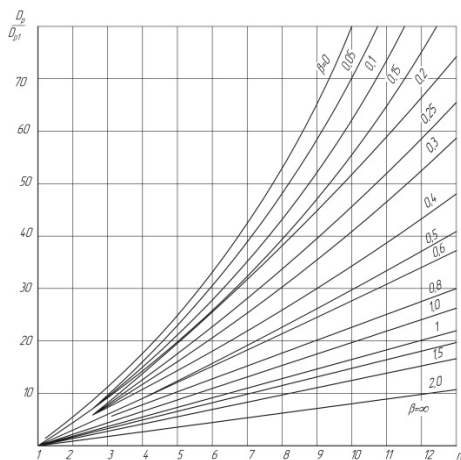


Рисунок 1 – Номограма для визначення

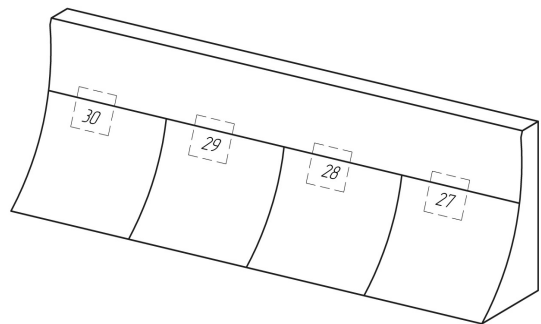


Рисунок 2 – Схема відвалу бульдозера з чотирма вібробудниками

Раціональна методика визначення параметра β полягає в наступному:
 1) призначається число ділянок n , на які розділяється ріжуча кромка ножа;
 2) експериментальним шляхом визначаємо дисперсію сили опору різанню для ножа в цілому D_p і для однієї ділянки D_{p1} при заданій глибині різання; 3) за допомогою номограми на рис.1. знаходимо значення параметра β .

Відвал динамічної дії представлений у вигляді несучої рами, яка поділена на секції, при чому в кожній секції встановлено окремий динамічний елемент, який завдяки вібробуднику виконує вертикальний, зворотно-поступальний рух у рамі по пазу (рис. 2). При дії зовнішніх навантажень на робочий орган відвального типу, число вібробудників на відвалі може не співпадати з числом навантажених ділянок n , на які була поділена ріжуча кромка ножа. В цьому випадку параметр β зміниться і прийме деяке нове значення $\beta' \neq \beta$. Нехай, наприклад, число ділянок n потрібно зменшити в t разів (t – ціле число),

інакше кажучи, потрібно об'єднати кожні m ділянок в одну. У цьому випадку величина β' може бути знайдена таким чином: 1) при $m = n$ обчислюємо дисперсію D'_{p1} для нової ділянки і знаходимо відношення D_p/D'_{p1} ; 2) за допомогою номограми на рис.1. прийнявши $n' = n/m$ в якості n і D_p/D'_{p1} в якості D_p/D'_{p1} , визначаємо величину β' як нове значення параметра β .

Схема автоматичного регулювання режиму роботи вібробудників (рис.3). Кількість датчиків, визначаються з виразу:

$$K = 2n - 1.$$

Датчики 1, 2, 3, 4, 5, 6 і 7 по K каналам з'єднані з блоком гідронасосів, причому перші два гідронасоси 8 і 9 утворюють групу з коефіцієнтом посилення 1, наступні два гідронасоси 10 і 11 – групу з коефіцієнтом посилення 2 і т.д., а останній гідронасос має коефіцієнт посилення n , рівний числу динамічних елементів відвалу. Блок підсилювачів K каналами з'єднаний з блоком дільників, причому перші два дільники 15 і 16 мають кожен по одному виходу, при цьому перший з них (позиція 15) підключений до першого суматора (позиція 22), а другий (позиція 16) – до останнього (n – го) суматора (позиція 25). Наступні два дільника 17 і 18 мають по два виходи, кожен з яких, у першого дільника – позиція 17, з'єднаний з двома першими суматорами (позиції 22 і 23), а у другого – з двома останніми (позиції 24 і 25) і т.д., а останній дільник 21 має n виходів і приєднаний до кожного з суматорів – 22, 23, 24 і 25. Вихід кожного суматора з'єднаний з підсилювачем потужності 26, вихід якого комутується з входами n вібробудників 27, 28, 29 і 30. Визначення комутацій гідронасосів і суматорів, коефіцієнти підсилення і поділу для кожного каналу (насоса) приведені в табл.1.

Таблиця 1 – Характеристики елементів схеми

№ групи	Кількість гідронасосів	№ каналу (гідронасоса)	Коефіцієнт підсилення	Коефіцієнт поділу	Кількість виходів поділу	№ суматорів
1	2	1,2	1	1	1	1,n
2	2	3,4	2	1/2	2	1,2,n -1,n
3	2	5,6	3	1/3	3	1,2,3,n -2,n -1,n
.
n -2	2	K -4, K -3	n -2	1/(n -2)	n -2	1,2,3,...,n -2,3,4,5,...n-1,n
n -1	2	K -2, K -1	n -1	1/(n -1)	n -1	1,2,3,...,n -1,2,3,4,...n-1,n
n	1	K	n	1/n	n	1,2,3,...,n -1,n

Задається кількість ділянок відвалу n на які діє навантаження (рис. 2), при цьому відомо, що опір різанню на окремих ділянках відвала статистично незалежний і кореляція між окремими значеннями сил опору на різних ділянках відвалу буде слабша, ніж на одній і тій самій ділянці. Крім того, кореляція між окремими ділянками відвалу зменшується по лінійній залежності зі збільшенням відстані між ними. На вібробудники встановлюють датчики, причому число їх K залежить від числа ділянок навантаження відвалу. Розглянемо роботу схеми при кількості ділянок відвалу $n = 4$ (рис.3), при цьому необхідно мати датчиків:

$$K = 2n - 1 = 2 \cdot 4 - 1 = 7.$$

Датчики 1, 2, 3, 4, 5, 6 і 7 передають сигнали з однаковими характеристиками, які поступають до гідронасосів, які збільшують подачу рідини до блоку гідророзподільників. Сигнали з датчиків 1 і 2 передаються до гідронасосів 8 і 9, що мають коефіцієнт посилення потоку – 1, і через гідророзподільники 15 і 16 по двом потокам надходять відповідно на суматори 22 і 25, де підсумовуються. Сигнали з датчиків 3 і 4, передаються до гідронасосів 10 і 11, що мають коефіцієнт посилення потоку – два, і діляться кожен в гідророзподільниках 17 і 18 на два однакових потоки, які надходять на різні суматори – з

гідророзподільника 17 на суматор 22 і 23, а з гідророзподільника 18 на суматори 24 і 25. Сигнали з датчиків 5 і 6, передаються до гідронасосів 12 і 13, що мають коефіцієнт посилення потоку – три, діляться в гідророзподільниках 19 і 20 кожен на три однакових потоки, які також надходять на різні суматори, з гідророзподільника 19 на суматори 22, 23, 24, а з гідророзподільника 20 – на суматори 23, 24, 25. Сигнал з датчика 7, передається до гідронасоса 14, що має коефіцієнт посилення чотири, ділиться потім в гідророзподільнику 21 на 4 однакових потоки, що йдуть на всі чотири суматори – 22, 23, 24 і 25. Сигнали з виходів суматорів надходять на блок підсилювачів потужності 26, що має однакові коефіцієнти підсилення для всіх $n = 4$ каналів, який потрібен для управління віброзбудниками 27, 28, 29 і 30, що встановлюються на окремі динамічні елементи відвалу бульдозера.

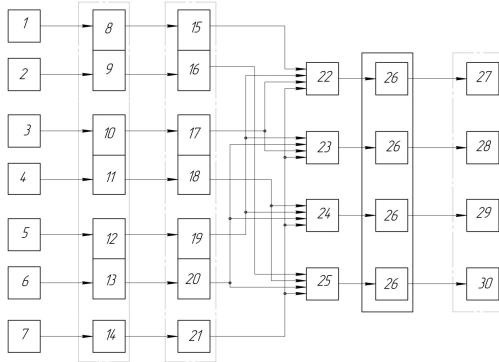


Рисунок 3 – Принципова схема автоматичного керування режимом роботи віброзбудників

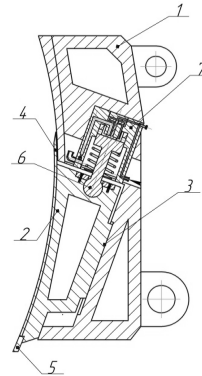


Рисунок 4 – Відвал динамічної дії

Коефіцієнт взаємної кореляції між ділянками з віброзбудниками 27 і 28 становить 0,75, так як між першим і шостим датчиком немає взаємного зв'язку. Коефіцієнт взаємної кореляції між ділянками з віброзбудниками 27 і 28 знижується до 0,5, так як, зв'язку немає вже по двом рівням (між першим і шостим, третім і четвертим каналами). Коефіцієнт взаємної кореляції між ділянками з віброзбудниками 27 і 30 знижується до 0,25, так як, зв'язок відсутній вже за трьома рівнями. Таким чином, кореляція між окремими, ділянками відвалу зменшується з лінійною залежністю по мірі збільшення відстані між розглянутими ділянками програми навантаження.

За результатами досліджень, було розроблено конструкцію відвалу динамічної дії [6]. Відвал динамічної дії виконано у вигляді несучої рами 1 (рис.4), у передній частині якої встановлено декілька динамічних елементів 2, з можливістю пересування у рамі 1 по направляючих пазах 3. При чому, на передній частині динамічних елементів 2 еквідистантно до передньої частини несучої рами 1, до динамічних елементів 2 прикріплено лобові пластини 4. До нижньої частини динамічних елементів 2 прикріплено ріжучі ножі 5. До верхньої частини динамічних елементів 2, прикріплено ударник 6, віброзбудника 7 [7], при чому, корпус віброзбудника 7 жорстко встановлено у несучій рамі 1, а ударник 6 виконано у вигляді сферичного шарніру з можливістю вільного обертання у динамічному елементі 2.

Висновки. Виходячи із аналізу нерівномірного розподілу навантаження на ріжучій кромці ножа відвала, знайдено взаємні кореляційні функції та дисперсії сил опору різанню на окремих ділянках відвалу. Проаналізувавши процес різання ґрунту відвалом динамічної дії та кожного його динамічного елементу, запропоновано схему автоматизації режиму роботи відвалу динамічної дії, що дає змогу автоматично регулювати режим роботи кожного віброзбудника, в залежності від дії сили опору різанню ґрунту на кожній окремій ділянці відвала.

Запропоноване технічне рішення дає змогу зменшити зусилля, яке потрібно прикласти до робочого органу для розробки ґрунту, зменшуючи енергоємність розробки ґрунтів з включеннями.

ЛІТЕРАТУРА

4. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – М. : Машиностроение, 1971. – 357 с.
5. Власов З.В., Пелевин Л.Е. Моделирование нагрузок при стендовых испытаниях узлов землеройных машин // Тез. докл. на Респ, семинаре молодых ученых по проблемам механизации и автоматизации земляных работ в строительстве. - К. : КИСИ, 1988. – С. 10-11.
6. Ничке В .В. Надежность прицепного и навесного оборудования тракторов. – Харьков: Вища школа, 1985. - 152 с.
7. Власов В.В., Пелевин Л.Е. Статистическое описание сил сопротивления резанию на отвале бульдозера // Тез. докл. на Респ. семинаре молодых ученых по проблемам механизации и автоматизации земляных работ в строительстве. – К.: КИСИ» 1988. – С.11-12.
8. Власов В.В., Крупко В.А., Смирнов В.Н. Прогнозирование сил резания при разработке сложноструктурного грунтового массива // Горн., строит. дор. и мелиорат. машины: Респ. межвед. научн.-техн. сб. - К.: Техника, 1989, вш.42. - с.41 -45.
9. Патент № 96314 України, МПК⁷ E02F 5/30. Відвал динамічної дії / Л.Є. Пелевін, С.В. Лаврик; заявник і патентовласник КНУБА; заявл. 05.09.2014; опубл. 26.01.2015, Бюл. №2.
10. Патент № 94096 України, МПК⁷ E02F 5/30. Вібробудник / Л.Є. Пелевін, С.В. Лаврик; заявник і патентовласник КНУБА; заявл. 29.05.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. №20.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВСПЛЕСКОВ И ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Рябенский В.М., Ушкаренко А.О., Язид Джамал Исмаил Альшайх

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Введение. Основными потребителями электроэнергии на судах являются асинхронные электродвигатели. Поскольку пусковой ток асинхронного двигателя в несколько раз превышает его номинальный, то при пуске возникают значительные провалы напряжения (ПН) сети, которые негативно отражаются на работающие потребители, а также могут привести к возникновению аварийной ситуации и обесточиванию системы. Исследованию процессов в асинхронных короткозамкнутых электродвигателях промышленного исполнения посвящена работа [1], а в электродвигателях судового исполнения [2, 3]. В них представлены теоретические и экспериментальные исследования как прямого пуска с различными по величине и характеру моментами сопротивления на валу двигателя, так и регулируемого. Однако в этих работах было принято, что источник питания – трехфазный генератор – имеет бесконечную мощность, т.е. не учитывалось влияние на сеть токов как при прямом пуске двигателя.

Постановка задачи. Провалы напряжения влияют на подключенные к сети потребители электроэнергии, которые могут иметь различные уровни устойчивости к ПН. Превышение уровня устойчивости электроприемника к ПН, как правило, приводит к нарушению условий его нормального функционирования или отказу [4]. Поэтому ПН характеризуют надежность электроснабжения, оценивая его бесперебойность.

Таким образом, существует актуальная научная задача разработки перспективных судовых электроэнергетических систем (СЭЭС) с защитой от провалов напряжения.

Решение этой научной задачи предполагает постановку двух взаимосвязанных задач:

- 1) получение вероятностно статистических оценок провалов напряжения (длительностей и величин провалов и всплесков напряжения), возникающих случайным образом, и принимаемых в качестве исходных данных для разработки мероприятий по снижению провалов и всплесков напряжения в СЭЭС;
- 2) проектирование СЭЭС на основе разработки методов и средств преодоления появления провалов и всплесков напряжения, обеспечивающих повышение бесперебойности питания ответственных потребителей электроэнергии.

Целью работы является разработка методов исследования случайных процессов изменения напряжения в судовых электроэнергетических системах, позволяющих повысить точность выводов при исследовании резкопеременных процессов и осуществить наиболее обоснованный выбор мероприятий по оптимизации качества электроэнергии для повышения надежности работы электрооборудования.

Для расчета характеристик ПН необходимо учитывать реальную структуру и конфигурацию СЭЭС и ее режим работы электрооборудования, подключенных к шинам. Модель исследуемой СЭЭС должна отражать ее так подробно, чтобы выполненные расчеты дали возможность определять не только напряжения в интересующих узлах, но и отклонения этих параметров от нормальных установившихся значений.

На основании расчетной схемы составляется схема замещения. Для этого элементы схемы (генераторы, трансформаторы, двигатели, реакторы, участки кабельных трасс и протяженных шинопроводов) замещаются активными и индуктивными сопротивлениями. Магнитно связанные участки системы заменяются эквивалентными электрически связанными цепями.

Синхронные генераторы, синхронные и асинхронные двигатели в схеме замещения учитываются своими э.д.с., активными и индуктивными сопротивлениями.

Исследуемая электростанция содержит три синхронных генератора мощностью 250 кВт каждый (рис. 2, а).

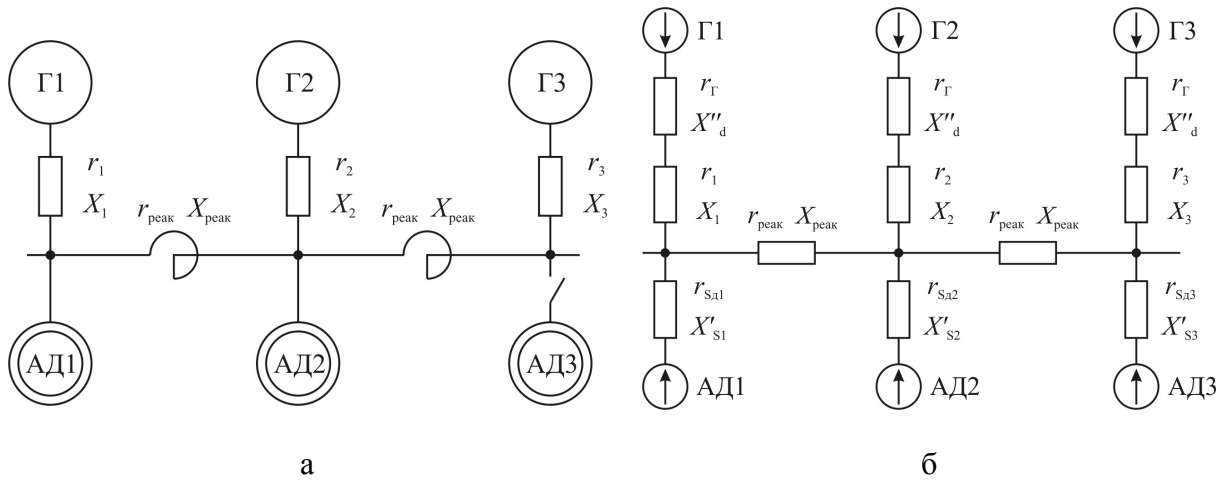


Рисунок 2 – Исследуемая электростанция: а – схема электроэнергетической системы, б – схема замещения

Преобразование схемы замещения (рис. 2, б) может выполняться как в именованных, так и в относительных единицах.

Для установления количества всплесков и провалов напряжения использован метод сбора статистических данных, основанный на обработке наблюдений за событиями, приводящими к провалам напряжения. На основе индивидуальных графиков нагрузки, полученных экспериментально на траулере «Находка», построен суточный график нагрузок секции ГРЩ (рис. 3).

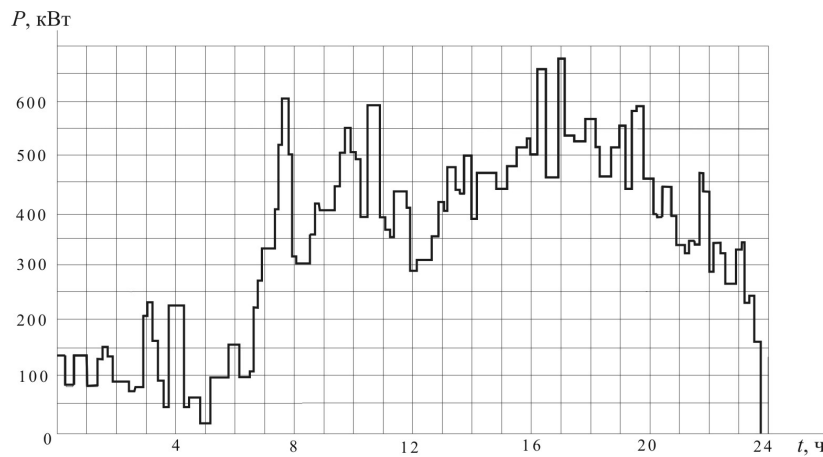


Рисунок 3 – Суточный график нагрузок секции ГРЩ

Для расчета числовых параметров случайных процессов использовались формулы:

$$M_X = \frac{1}{N_B} \sum_{k=1}^{N_B} x_k, \quad (1)$$

$$\sigma_X^2 = \frac{1}{N_B} \sum_{k=1}^{N_B} x_k^2 - M_X^2, \quad (2)$$

где M_X – математическое ожидание, σ_X^2 – дисперсия, N_B – число выборок x_k .

Значение минимального напряжения в относительных единицах определяется по формуле [5]:

$$U_{\min} = U_{нач} + (U_{нач} - U_{уст}) e^{-t_{\min}/\tau'_d} + k_2 k \left[t_{\min} - \tau'_d \left(1 - e^{-t_{\min}/\tau'_d} \right) \right], \quad (3)$$

где t_{\min} – время достижения минимального значения напряжения для генератора с самовозбуждением [5]:

$$t_{\min} = \tau'_d \ln \left(\frac{U_{нач} - U_{уст}}{k_2 k \tau'_d} \right), \quad (4)$$

начальное напряжение в выражении (3) можно определить по формуле:

$$U_{нач} = E'_d \frac{x_d}{x_g + x'_d}, \quad (5)$$

$$k_2 = \frac{x_g}{x_g + x'_d}, \quad (6)$$

где r_a , x_d , x_q – относительные активное и реактивное сопротивления по продольной и поперечной осям.

Установившееся напряжение в (3) определяется выражением:

$$U_{уст} = E_d \frac{x_g}{x_g + x_d}, \quad (7)$$

постоянная времени обмотки возбуждения в (4) при замкнутой обмотке статора с сопротивлением x_g :

$$\tau'_d = \tau'_{d0} \frac{x_g + x'_d}{x_g + x_d}, \quad (8)$$

реактивное сопротивление двигателя в формулах (5)-(8):

$$x_g = \frac{S_{нг}}{k_{II} S_{нд}} \left(\frac{U_{нд}}{U_{нг}} \right)^2, \quad (9)$$

где $S_{нг}$, $U_{нг}$ – номинальные мощность и напряжение генератора, $S_{нд}$, $U_{нд}$ – номинальные мощность и напряжение двигателя, k_n – кратность пускового тока двигателя по отношению к номинальному.

В соответствии с ГОСТ 23875-88 «Качество электрической энергии» определены числовые значения параметров всплесков и провалов напряжений. Среднее значение провала напряжения составляет 13,8 В, минимальное значение равно 7 В, а максимальное 27 В. Средняя длительность провала напряжения составляет 0,42 с. Среднее значение всплеска напряжения составляет 12,9 В, минимальное значение всплеска равно 5 В, максимальное значение всплеска составляет 25 В. Средняя длительность провала напряжения составляет 0,4 с. Частоты появления провалов и всплесков напряжения приблизительно равны и составляют 50 %. Генераторы имеют следующие параметры: $S = 250$ кВА, $U = 400$ В, $x'_d = 0,20$; $x_d = 1,1$, $k = 20$. Такие значения соответствуют генератору ГМС 13-31-12.

Минимизация ущерба от провалов напряжения достигается комплексом мероприятий, применением специальных быстродействующих систем защит и автоматики, внедрением эффективных структур и методов запуска ответственных электродвигателей. Наиболее эффективным способом, решающих проблемы провалов напряжения, является упреждающее управление [6].

На рис. 4 представлена структурная схема системы упреждающего управления. На рисунке обозначены: U_s – опорное значение напряжения; W_E – система возбуждения генератора; U – откорректированный сигнал на обмотку возбуждения генератора;

W_G – синхронний генератор; Y – выходной сигнал; $-W_R$ – ПД-регулятор напряжения и тока; $-U_R$ – сигнал с регулятора.

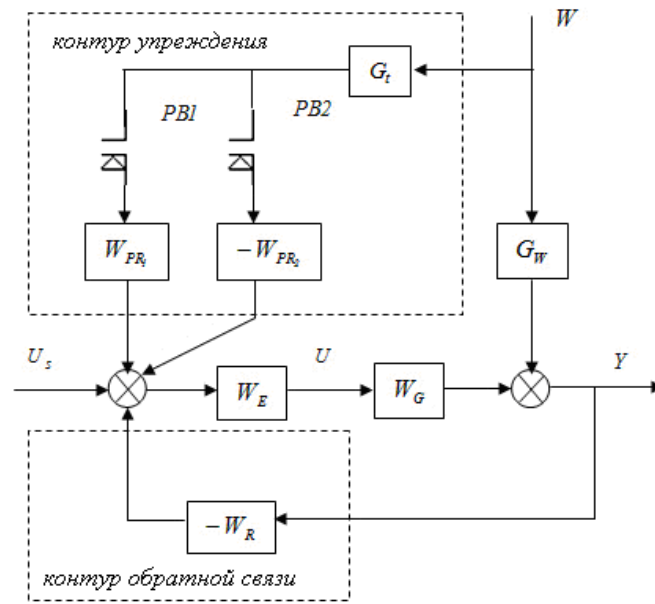


Рисунок 4 – Блок-схема системы упреждающего управления возбуждением синхронного генератора

Контур упреждения состоит из следующих блоков: $PB1$ и $PB2$ – реле времени, которое срабатывает при поступлении сигнала от датчика возмущения; G_T , W_{PR1} и $-W_{PR2}$ – упреждающие регуляторы; G_W – асинхронный двигатель (является инициатором возмущения W в момент включения).

Выводы. Для расчета характеристик ПН необходимо учитывать реальную структуру и конфигурацию энергосистемы и режим работы электрооборудования. Модель исследуемой электростанции должна отражать ее достаточно подробно для того, чтобы выполненные расчеты дали возможность определять не только напряжения, токи, мощности в интересующих узлах, но и отклонения этих параметров от нормальных постоянных значений. Поскольку коммутационные процессы подключения – отключения нагрузок носят случайный характер и приводят к случайным колебаниям амплитуд напряжений и отклонений частоты сети, то последние в определенной степени могут являться оценкой процессов коммутации нагрузок в судовой сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Л.П. Управление пуском и торможением асинхронных двигателей / Л.П. Петров. – Москва: Энергоатомиздат, 1982. – 184 с.
2. Карандашов Ю. С. Математическое моделирование электрических нагрузок судовых электростанций / Ю. С. Карандашов // Судостроение. – Москва: Судостроение, 2004. – №2. – С. 31–34.
3. Hatzilau I. K. On electric load characterization and categorization in ship electric installations / I. K. Hatzilau, G. J. Tsekouras, J. M. Prousalidis, I. K. Gyparis // IEEE Transactions on Power Systems. – IEEE: Piscataway, 2007. – №3. – P. 1120-1128.
4. Арешян Г.Л. Провалы напряжений и токи при пуске асинхронного двигателя от автономного синхронного генератора / Г.Л. Арешян // Электричество. – Ереван : Известия НАН РУ и ГИУА, 2000. – Том LIII. – №3. – С. 345-352.
5. Яковлев Г. С. Судовые электроэнергетические системы / Г.С. Яковлев. – Л. : Судостроение, 1980. – 288 с.
6. Г. Олссон. Цифровые системы автоматизации / Олссон Г., Пиани Д. – СПб. : Невский Диалект, 2001. – 557с.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИЛИНДРОВЫХ МАСЕЛ В СОВРЕМЕННЫХ ДЛИННОХОДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

Семенов А.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Одной из задач, стоящих как перед производителями, так и перед эксплуатационниками судовых малооборотных дизелей (МОД) с повышенным отношением хода поршня к диаметру цилиндра является их безаварийная эксплуатация на продолжительных режимах работы на малых (в пределах 50...60 % от номинальной мощности) и сверхмалых (менее 50%) нагрузках. В связи со стремлением эксплуатации морских судов с максимально возможной экономичность данные режимы в настоящее время широко используются не только на судах навалочного типа (для которых традиционно обеспечение скоростных режимов не являлось превалирующей задачей), но и для судов, осуществляющих контейнерные перевозки. При этом прослеживается явная тенденция сокращения как удельного эффективного расхода топлива и связанного с ним расхода топлива на милю плавания, так и снижения расхода цилиндрического масла.

Актуальность исследований. Увеличение максимального давления сгорания рабочего цикла, интенсивности охлаждения цилиндрических втулок, времени работы двигателя в режимах малых и сверхмалых нагрузок способствует повышению риска возникновения холодной коррозии цилиндрических втулок.

Холодная коррозия представляет собой процесс конденсации серной кислоты, образующейся в цилиндре при соединении водяных паров с диоксидом серы, находящимся в отработанных газах. Пониженные частоты вращения коленчатого вала (характерные для малых и сверхмалых нагрузок) увеличивают время, приходящееся на образование серной кислоты, ее количество и площадь зеркала цилиндрической втулки, по которой происходит ее распространение.

Решение комплексных проблем, связанных с холодной коррозией цилиндрических втулок, сводятся к соблюдению определенных условий эксплуатации цилиндрической поршневой группы (ЦПГ), дополнительному наблюдению за работой дизеля, анализу проб масла из подпоршневой полости, а также основывается на данных последних исследований и разработок известных фирм, производящих МОД с повышенным ходом поршня.

Постановка задачи. Обязательным условием безопасной эксплуатации МОД является использование цилиндрических масел с требуемым количеством щелочных присадок, соответствие щелочности масла сернистости топлива, а также контроль общего щелочного числа (Total Basic Number – TBN) в процессе работы дизеля.

В современных условиях эксплуатации судовых дизелей, выполнение частых визуальных инспекций цилиндрических втулок не всегда представляется возможным. Однако, существуют другие способы определения уровня коррозии цилиндрических втулок. С помощью Cylinder Scrape-Down Oil Analysis (CSDOA) - судовых лабораторий, которые определяют уровень остаточного щелочного числа масла и уровня металла, взятого из подпоршневых пространств (Unimarine Cylinder Scrape-Down Oil Analysis (CSDOA), Shell Analex Alert, Chevron, Signum onboard test kit of Exxon Mobil, Parker Kittiwake Cold Corrosion Test Kit , Digi TBN Test Kit и т.д.). Масло, взятое из подпоршневых пространств, постоянно подвергается окислению продуктами сгорания и поэтому очень важно нейтрализовать влияние серной кислоты до момента начала коррозии цилиндрических втулок. На данный момент в мире не существует визуального разделения по уровню холодной коррозии цилиндрических втулок. Современные методы диагностирования, анализируют уровень коррозии цилиндрических втулок судовых дизелей, определив остаточное щелочное число BN масла, взятого из подпоршневых пространств.

Результаты исследований. Состояние коррозии цилиндрических втулок, разделяется на три основные группы: $BN=17...45$ – цилиндрические втулки в норме; $BN=10...16$ – начальный процесс коррозии, есть возможность восстановления путем регулировки подачи цилиндрического масла; $BN<10$ – цилиндрические втулки подвергаются интенсивной коррозии.

Один из основных показателей количества подачи цилиндрического масла на цилиндрические втулки является ACC фактор (adaptive cylinder oil control) который принимается на основе экспериментальных данных, в зависимости от анализов масла взятого из подпоршневого пространства.

Рекомендуемый расход масла FR (feed rate), г/(кВт·ч), рассчитывается по формуле:

$$FR = ACC \times S,$$

где $ACC = 0,2...0,35$ – принимается на основе результатов определения количества металла и BN в анализах масла, взятого из подпоршневого пространства; S (sulphur) – количество серы в топливе %.

При этом, необходимо учитывать что значение FR не должно быть ниже 0,6 г/(кВт·ч).

Результаты исследований по оптимизации расхода цилиндрического масла для предотвращения холодной коррозии цилиндрических втулок судового МОД DOOSAN-MAN B&W 12K98ME-C7 позволили определить оптимальный ACC фактор равным 0,27. При этом для топлива с содержанием серы от 2% до 3% рекомендуемый расход цилиндрического масла определялся как $FR = 0,27S$.

Оптимальные условия эксплуатации судовых МОД, исключая возникновение холодной коррозии цилиндрических втулок, могут быть определены по диаграмме, приведенной на рис.1. На диаграмме отражены зоны работы ЦПГ в зависимости от содержания металлических примесей в анализах масла, взятого из подпоршневого пространства, и его остаточного щелочного числа.

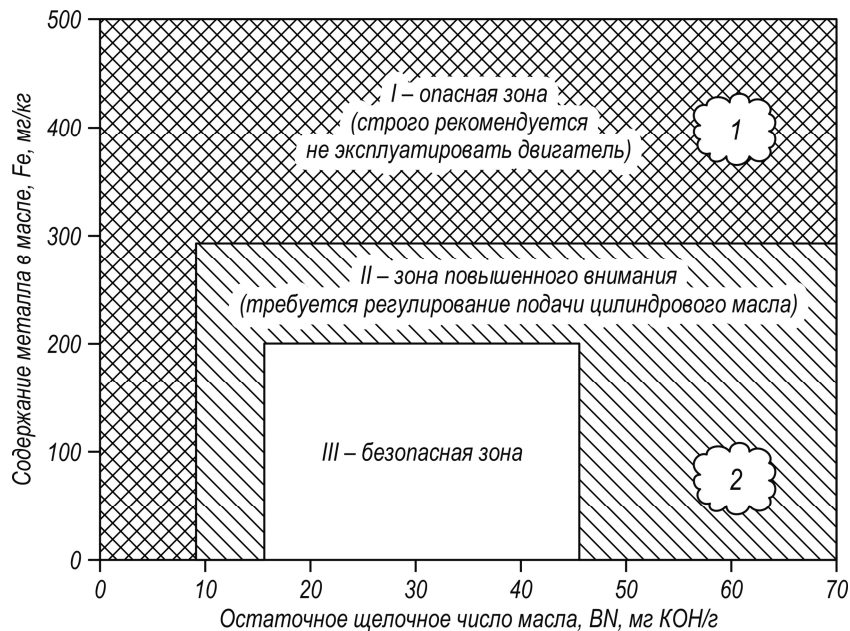


Рисунок 1 – Зоны эксплуатации ЦПГ судовых МОД

На приведенных зонах работы существуют особые участки, нуждающиеся в дополнительных комментариях.

Участок 1, именуемый «Cat Fines» (catalytic cracking, каталитический крекинг или «cat cracking») – зона с очень высоким риском механического повреждения цилиндрических втулок, продуктами сгорания, содержащими алюминий и силикон, выпадающими при высоких температурах в абразивный осадок.

Участок 2, именуемый «Liner polish» или «Bore polishing» – зона, характеризующаяся «зеркальной» полировкой поверхности цилиндровой втулки, приводящей к критическому износу зеркала втулки за счет усиленного распределения абразивных частиц по ее поверхности. Нарушение оптимальной приработки поршневых колец и поверхности зеркала цилиндровой втулки с масляной пленкой представляет собой вынос абразивных частиц с микротрещин в областях с более высоким коэффициентом износа и меньшей толщиной масляной пленки по всей поверхности втулки.

Следует обратить внимание на зону II, с BN 50...70 и уровнем металла менее 300 мг/кг. Эта зона опасна не только возможностью постепенного перехода в зону «зеркальной» полировки поверхности цилиндровой втулки, но и вероятностью повреждения масляной пленки, в результате срыва твердых отложений с верхней части головки поршня на поверхность цилиндровой втулки.

Состояние цилиндрических масел контролируется и регламентируется как фирмами, использующими их при эксплуатации судовых дизелей, так и их производителями. Можно отметить, что фирма-производитель MAN B&W рекомендует для длинноходовых двигателей поменять цилиндрическую смазку до коэффициента TBN 100.

Выводы. На базе анализа конструкторских решений и инженерных подходов производителей судовых двигателей, общие рекомендации по снижению риска холодной коррозии цилиндрических втулок судовых МОД можно сформулировать следующим образом:

- постоянные инспекции цилиндрических колец и втулок;
- увеличение рабочей температуры охлаждающей воды зарубашечного пространства цилиндрических втулок на 5...10°C (в пределах допустимым заводом изготовителем);
- не менее чем один раз в два дня увеличение нагрузки до 50%MCR и более на один-два часа для удаления несгоревших остатков топлива из объема цилиндра (набор нагрузки должен выполняться постепенно);
- постоянный контроль над количеством подачи цилиндрического масла при переходе на разные по содержанию серы топлива;
- определение оптимального АСС фактора для конкретного двигателя (судна) с помощью судовой лаборатории с дополнительной проверкой анализов масла взятого из подпоршневого пространства в береговой лаборатории;
- контроль качества распыливания топлива;
- контроль нагрузки по цилиндрам дизеля.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Солодовников В.Г.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Судовые энергетические установки (СЭУ) представляют собой сложные комплексы, насыщенные тепловыми двигателями и разнообразным оборудованием, которые обеспечивают не только выработку и передачу энергии потребителю, но и выполняют многочисленные внутрисудовые операции по предварительной подготовке топлива, масла, воды и воздуха. Суммарная мощность главных и вспомогательных двигателей современных СЭУ достигает 100 тыс. кВт, что при среднем удельном эффективном расходе топлива 0,175...0,180 кг/(кВт·ч) определяет суточный расход топлива этими тепловыми двигателями в пределах 400 тонн. Все это количество топлива перед непосредственным сжиганием в камерах сгорания подвергается предварительной обработке элементами топливной системы с непрерывным контролем его основных эксплуатационных характеристик [1].

Актуальность изучения вопросов по разработке энергоэффективных методов подготовки судовых топлив объясняется нижеследующими положениями.

Эксплуатационные свойства судовых моторных топлив оцениваются различными показателями, при этом к числу преобладающих относят фракционный состав топлива, температуру самовоспламенения, вязкость, содержание серы, теплоту сгорания.

Фракционный состав топлив, используемых в СЭУ, кроме «стандартных» составляющих (углерода, водорода, серы, азота) включает в себя повышенное содержание неуглеводородных соединений, что является следствием ухудшения качества добываемой нефти и использования крекинг остатков в виде компонентов товарных топлив.

Обеспечение требуемой температуры самовоспламенения топлива в момент его впрыскивания в цилиндр происходит за счет конструктивных характеристик дизеля, в частности качественного сжатия воздушного заряда.

Увеличение вязкости топлива в процессе эксплуатации судовых дизелей не оказывает заметного влияния на его распыливание, смесеобразование и сгорание в цилиндре дизеля, т.к. соответствующим подогревом можно добиться оптимальной вязкости топлива перед его поступлением в цилиндр дизеля. В современных дизелях используются топлива с вязкостью до 380...500 мм²/с. Практически в судовых дизелях могут быть использованы топлива с еще большей вязкостью. Однако, вязкость топлива косвенно характеризует его групповой и химический состав. Топлива с повышенной вязкостью, как правило, характеризуются увеличенным содержанием ароматических углеводородов, асфальто-смолистых веществ и золы. Кроме того, с повышением вязкости требуется больший подогрев топлива, что усложняет топливоподготовку и увеличивает затраты не только на подогрев, но и транспортировку и бункеровку.

Постановка задачи. В настоящее время в судовых дизелях, как мало-, так и среднеоборотных (СОД) используются топлива, содержащие серу и сернистые примеси. В мировой практике добыча сернистых нефтей возрастает. Содержание серы в них достигает до 4 %. Увеличению содержания серы сопутствует ухудшение группового и химического состава нефти, возрастает содержание ароматических углеводородов, асфальто-смолистых веществ и зольных элементов. Экологические требования, предъявляемые к СЭУ в целом и к судовым дизелям в частности, вынуждают проводить их эксплуатацию на топливах с пониженным содержанием серы. Согласно требованиям Международной конвенции MARPOL, в некоторых особых районах содержание серы в используемом топливе не должно превышать 0,1 %. При этом следует учитывать, что нефтеперерабатывающая

промышленность в настоящее время еще не готова к производству топлив с подобным содержанием серы, а на рынок поступает топлива, фракционный состав которых содержит до 3,5 % серы. Данные сорта топлива используются при эксплуатации всех тепловых двигателей СЭУ (паровых котлов, газовых турбин, дизелей).

Процесс подготовки топлива и поддержания его эксплуатационных характеристик в заданных пределах является энергоемким и по разным оценкам требует от 5 до 20 % эквивалентной мощности главной энергетической установки [2]. В связи с этим, внедрение в судовую практику новых методов топливоподготовки всегда рассматривается с позиции энергетической эффективности и эксэргии физических процессов, обеспечивающих улучшение эксплуатационных характеристик, как топлива, так и теплового двигателя.

Понятие эксэргии теплового процесса особенно актуально для СЭУ, где (в отличие от стационарной энергетики) процессы топливоподготовки, топливоподдачи и топливоиспользования происходят в непрерывной последовательности, таким образом, представляя собой одно целостное явление. Для морского судна, совершающего автономный переход, не существует отдельных процессов транспортировки, хранения и использования энергетических ресурсов. Для главных судовых дизелей от момента поступления топлива из расходной цистерны до распылителя форсунки проходит интервал времени, равный 0,5...1 часа, а для вспомогательных дизелей, имеющих менее насыщенную систему топливоподготовки, еще меньше.

Исследования по вопросам возможности применения в судовых СОД топлив ухудшенного фракционного состава развиваются по следующим направлениям:

- применение специальных присадок (антиокислительных, для предотвращения окислительных процессов и сокращения образования осадков при хранении топлива; диспергирующих, для предотвращения образования асфальто-смолистых агломератов; деэмульгирующих, для противодействия образованию стойких водотопливных эмульсий);
- применение многоступенчатой фильтрации с дополнительной гидродинамической обработкой;
- применение методов магнито- и электродинамической обработки;
- оснащение дизелей устройствами, обеспечивающими применение более вязкого топлива.

Для обеспечения качественной топливоподготовки и дальнейшего эффективного топливо использования, вновь строящиеся суда комплектуются специальными системами подготовки и поддачи топлива, а топливные системы дизелей действующих судов переоборудуются с учетом возможности применения средне- и высоковязкого топлива.

К одному из альтернативных способов подготовки топлива является его кавитационная обработка с использованием ультразвуковых колебаний. Последние исследования [3] подтвердили не только энергетическую эффективность данного метода, но и целесообразность его применения в системах топливоподготовки судовых дизелей, использующих топливо ухудшенного фракционного и структурного состава [4].

Судовое топливо представляет собой высокомолекулярную, гетерогенную жидкость, молекулы которой при атмосферном давлении и нормальной температуре сложно ориентированы. При приложении к топливу внешнего давления в несколько сот атмосфер молекулы поляризуются, противодействуя внешним силам и сохраняя равновесие системы. Если внешнее давление резко снять, то внутренние силы начнут разрывать макромолекулы на более мелкие составляющие, причем, первоначальная плотность топлива уменьшается. Этот принцип положен в основу ультразвуковой обработки топлива с целью изменения ее структуры.

Результаты исследований. В качестве подтверждения изложенного предлагаются результаты исследований, выполненных на судовом дизеле 6VDS18 и его модернизированной системе топливоподготовки.

В предлагаемой схеме топливоподготовки одновременно решались две задачи: улучшение качества предварительной подготовки топлива за счет воздействия на него ультразвуковыми колебаниями и снижение энергетических затрат в системе за счет замены энергоемкого метода центробежной сепарации на ультразвуковую обработку. Кроме того, ультразвуковая обработка топлива выполнялась дважды, причем второй раз – непосредственно перед впрыском топлива в цилиндр дизеля. Схема переоборудованной топливной системы показана на рис. 1.

Из отстойной цистерны 1 топливо подается насосом 2 в топливную магистраль, где последовательно проходит расходную цистерну 3 с встроенным паровым подогревателем, ультразвуковой генератор 1-ой ступени 4, фильтр тонкой очистки 5, электрический подогреватель 6, регулятор вязкости 7, ультразвуковой генератор 2-ой ступени 8 (с дополнительным аэродисперсным смесителем) и посредством топливного насоса высокого давления 9 и форсунки впрыскивается в камеру сгорания дизеля 10.

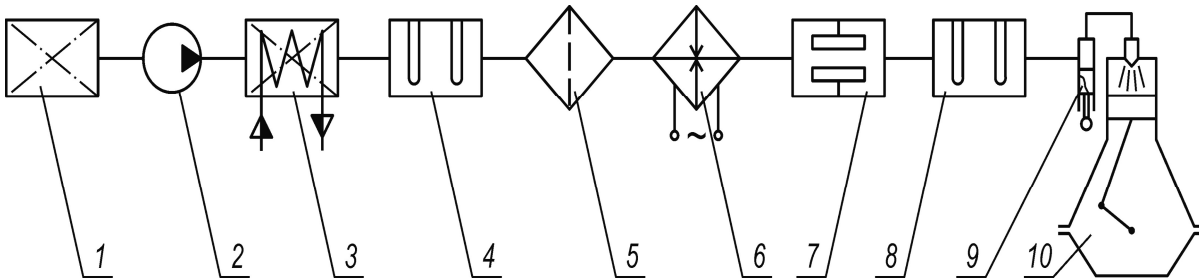


Рисунок 1 – Схема переоборудованной топливной системы:

1– отстойная цистерна; 2 – топливный насос; 3 – расходная цистерна; 4 – ультразвуковой генератор 1-ой ступени; 5 – фильтр тонкой очистки; 6 – электрический подогреватель; 7 – регулятор вязкости; 8 – ультразвуковой генератор 2-ой ступени с дополнительным аэродисперсным смесителем; 9 – топливный насос высокого давления; 10 – дизель

Ультразвуковая обработка топлива выполнялась на частоте 22 кГц как в первой, так и во второй ступенях ультразвукового генератора. Данное значение было определено в качестве оптимального на основе анализа подобных исследований, а также предшествующих экспериментов [3]. Расположение фильтра тонкой очистки 5 после ультразвукового генератора 1-ой ступени способствовало отсеву механических примесей из топливного потока. Дополнительная обработка топлива во 2-ой ступени ультразвукового генератора непосредственно перед топливной аппаратурой дизеля способствовало максимальному использованию эффекта раздробления молекулярных цепочек топлива.

Преимущество предлагаемой системы топливоподготовки по сравнению со штатной системой заключается в практическом отсутствии потери горючих составляющих топлива, которое происходит в центробежном сепараторе.

Использование дополнительного аэродисперсного смесителя объясняется тем, что кавитационные явления в жидкостях наиболее эффективно происходят в случае наличия дополнительных кавитационных зон – зародышей кавитации [5]. В качестве таких зон могут выступать пузырьки воздуха, паров топлива или размельченные частички механических примесей.

В рассматриваемой схеме топливоподготовки ультразвуковой генератор 1-ой ступени не только способствует разрыву молекулярных цепочек топлива, но и приводит к дроблению механических примесей. Таким образом увеличивается количество кавитационных зон для ультразвукового генератора 2-ой ступени. Это способствует повышению эффективности процесса топливоподготовки с одновременным снижением энергетических затрат на ее проведение.

В системе была предусмотрена возможность переключения на штатный режим топливоподготовки. В этом случае топливо подвергалось очистке в центробежном

сепараторе, без использования ультразвуковых генераторов. По такой же схеме работал другой подобный дизель, входящий в состав вспомогательной энергетической установки. Кроме того, параллельные эксперименты на одинаковых дизелях с разными системами топливоподготовки позволяли сделать соответствующие выводы о ее эффективности.

Задачей исследования было определение износа верхнего поршневого кольца для дизеля, работу которого обеспечивала штатная система топливоподготовки, и дизеля, работающего на топливе, прошедшем двухступенчатую ультразвуковую обработку. Кроме того, для обоих случаев определялись удельный расход топлива и температура выпускных газов, как параметры, характеризующие качество процесса сгорания. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

<i>Параметр</i>	<i>Величина</i>	
	<i>Стандартная схема топливоподготовки</i>	<i>Схема с использованием двухступенчатой ультразвуковой подготовки топлива</i>
Износ верхнего поршневого кольца, г/(1000 ч)	2,14±0,04	0,63±0,03
Удельный эффективный расход топлива, кг/(кВт·ч)	0,206...0,214	0,199...0,207
Температура уходящих газов, °С	405...430	385...390

Выводы. Приведенные результаты свидетельствуют об эффективности применения предлагаемого метода двухступенчатой ультразвуковой обработки топлива. В данном случае снижается износ верхнего поршневого кольца (на 70,5 %), что объясняется уменьшением его сернистой коррозии, а также понижается удельный эффективный расход топлива (на 3,3...4,4 %) и температура уходящих газов, что характерно для более качественного процесса сгорания топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников В.Г. Использование в судовых дизелях топлив различного фракционного и структурного состава // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2014. – № 33. – Одесса : ОНМА. – С. 86-92.
2. Ханмамедов С.А., Добровольский В.В., Добровольская Н.Л. Минимизация энергетических затрат на топливоподготовку высоковязких топлив малооборотных ДВС системы СИМАС // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2011. – № 28. – Одесса: ОНМА. – С. 111-119.
3. Сагин С.В., Солодовников В.Г. Применение ультразвуковой обработки топлива для снижения сернистого износа деталей двигателя / «Технические науки – от теории к практике» // Сб. ст. по материалам XXXV междунар. науч.-практ. конф. – № 6 (31). – Новосибирск : СибАК, 2014. – С. 42-49.
4. Хафизов Ф.Ш., Хафизов Н.Ф., Ванчухин Н.П. Процессы нефтепереработки в кавитационно-вихревых аппаратах. – Уфа : Фонд содействия развитию научных исследований, 1999. – 112 с.
5. Рождественский В.В. Кавитация. – Л.: Судостроение, 1977. – 248 с.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРУ ПОТОКА ОТКАЗОВ

Товмасян Д.М.

Одесская национальная морская академия (Украина),

Кривощек В.Е.

Одесский учебно-исследовательский центр (ОУИЦ) «Надежность в судоходстве»
(Украина)

Тенденция развития вспомогательных дизелей, используемых на торговых судах в качестве привода генераторов судовых электростанций, направлена на дальнейшее увеличение их цилиндрической мощности. Форсирование рабочего процесса по среднему эффективному давлению и скорости поршня дает ощутимый результат только при условии снижения затрат на техническое обслуживание и ремонт дизелей в эксплуатации, что обусловлено в основном повышением их надежности. Однако эксплуатационные данные свидетельствуют о том, что рекомендуемые дизелестроительными фирмами удлиненные периоды технического обслуживания и ремонта новых поколений дизелей увеличенной мощности не соблюдаются. Причина – преждевременный выход из строя отдельных деталей и узлов, требующих достоверной оценки и анализа их эксплуатационной надежности, конструктивных и технологических доработок, внедрения методов и средств их технического диагностирования.

В общетеоретическом плане важной характеристикой технического состояния сложных технических объектов является уровень и динамика изменения во времени параметра потока отказов – $w(t)$. Для судового дизеля как сложного восстанавливаемого объекта моменты отказов на оси суммарной наработки образуют поток отказов при условии, что время восстановления не учитывается. В качестве характеристики потока отказов в соответствии с нормируемыми показателями надежности используют «ведущую функцию» $\Omega(t)$ данного потока – математическое ожидание числа отказов за время t

В настоящем докладе представлена методика технического диагностирования судовых вспомогательных дизелей по параметру потока отказов, поставлен диагноз технического состояния капитально отремонтированных дизелей SKL типа VD26/20AL (ЧН20/26) и даны некоторые рекомендации по снижению числа отказов дизелей этого класса в эксплуатации [1-5].

В заключении делается вывод о том, что представленная методика функционального диагностирования судовых вспомогательных дизелей по параметру потока отказов не требует дополнительных диагностических средств и позволяет ставить диагноз правильности функционирования дизелей с указанием основных видов причин отказов, оценивать эффективность технического обслуживания при их использовании и качество проводимых заводских ремонтов. Построенная номограмма для практического использования при постановке технического диагноза правильности функционирования судовых вспомогательных дизелей применима и к вновь установленным, и капитально отремонтированным двигателям [6-10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривощек В.Е., Фадеев В.И. Техническое диагностирование судовых вспомогательных дизелей по параметру потока отказов // Минморфлот. В/О «Мортехинформреклама». Морской транспорт. Серия «Техническая эксплуатация флота». Информационный сборник, вып. № 18 (710), 1989, 10 с.
2. Овсянников М.К., Петухов В. А. Эксплуатационные качества судовых дизелей. – Л.: Судостроение, 1982. - 208 с.

3. Карпов Л.Н. Надежность и качество судовых дизелей. – Л.: Судостроение, 1975. – 232 с.
4. Бабот М. Н., Белоцерковский З. Л., Маслюков А. В. Управление качеством в судоремонте. – Л.: Судостроение, 1983. – 116 с.
5. Стрельников В.П. Оценка и закономерности эмпирической интенсивности отказов. - Киев: Общество «Знание» УССР, 1988. - 16 с.
6. Кривошеков В.Е. Диагностирование судовых дизелей по параметру потока отказов // Тез. докл. Всесоюзной научно-техн. конф. «Вероятностно-физические методы исследования надежности машин и аппаратуры».- Киев: Знание. – 1992. – С. 19-20.
7. Кривошеков В.Е. Диагностирование судовых вспомогательных дизелей различных типов (Морской транспорт. Серия «Технич. эксплуатация флота»): Экспресс-информ.- Вып. № 2(790).- М.: Мортехинформреклама, 1993.- С. 1-9.
8. Кривошеков В.Е. Система технического диагностирования судовых дизелей: оценка эмпирической закономерности параметра потока отказов (Морской транспорт. Серия «Технич. эксплуатация флота»): Экспресс-информ. – Вып. № 2(832). – М. : Мортехинформреклама, 1995. – С. 1-13.
9. Кривошеков В.Е. Оценка эмпирической закономерности потока отказов судовых дизелей // Тез. докл. Междунар. конф. «Оценка и обоснование продления ресурса элементов конструкций» (Ресурс 2000) в 2-х т.- Том 2. – К. : Институт проблем прочности НАН Украины, 2000.- Т. 2.- С. 375-376.
10. Кривошеков В.Е. «Юбилейная модель» или 20 лет методу диагностирования технического состояния судовых дизелей в эксплуатации // Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування: Пр. I-й Міжнародної науково-технічної конференції (IC DMDP-1), 21-24 вересня 2009 року Тернопіль (Україна) / Відп. ред. В.Т. Трощенко. – Тернопіль : Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2009. – С. 294-300.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ СУДОВ И СУДОВОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Фалин А.Г.

Одесская национальная морская академия (Украина),

Кривощев В.Е.

Технический комитет Украины «Надежность техники»
(Украина)

Повышение качества судов и судовых технических средств (СТС), а также совершенствование методов их технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) в значительной степени определяются существующей системой сбора и анализа информации о надежности по результатам их эксплуатации. Эта информация является важным каналом обратной связи на всех этапах их жизненного цикла, в том числе при реализации процессов их проектирования и изготовления новых образцов. Система сбора, обработки и анализа информации о надежности судов и СТС в эксплуатации способствует в общем случае решению следующих задач:

- определение причин возникновения отказов и повреждений;
- выявление и устранение конструктивных недостатков, проявившихся в процессе эксплуатации;
- определение фактического уровня надежности СТС при различных условиях эксплуатации;
- определение номенклатуры наиболее надежных образцов СТС и технических решений, отвечающих требованиям классификационных обществ, судовладельцев, а также нормативным требованиям (международным, национальным, региональным и др.);
- определение ресурсных характеристик и срока службы СТС;
- определение объемов и периодичности ТО и Р;
- определение номенклатуры и количества сменно-запасных частей (СЗЧ) и расходных материалов;
- разработка технических требований к заводам-изготовителям и ремонтным предприятиям относительно характеристик надежности СТС в эксплуатации [1].

Известно, что информация о показателях надежности должна отвечать определенным требованиям, основными из которых являются: полнота, достоверность и воспроизводимость. На основании полученной информации формируется информационная база данных о количественных и качественных характеристиках надежности судов и СТС, трудоемкости ТО и Р, движении СЗЧ и др. Мировая практика указывает на широкое развитие стандартизации в технике на международном, региональном, национальном и фирменном уровнях в области надежности, которая является основой повышения качества любой продукции или услуги. Стандартизация в области надежности нацелена на создание нормативной базы для обеспечения взаимопонимания среди различных специалистов, установления единства номенклатуры показателей надежности, сопоставимости результатов расчетов и испытаний на надежность и, в конечном итоге, для обеспечения функционирования на рынке высококачественной и безопасной продукции, удовлетворяющей требованиям потребителей и заказчиков. В настоящее время в области надежности действует более 40 международных стандартов, разработанных Техническим комитетом по стандартизации ТК-56 «Надежность» Международной электротехнической комиссии (МЭК). В странах бывшего СССР действует более 10 межгосударственных стандартов серии ГОСТ 27. «Надежность техники», еще несколько ГОСТов этой серии находятся на стадиях разработки и согласования. В Украине ученые и специалисты в теории и практике надежности объединились в Украинскую ассоциацию «Надежность машин и сооружений»

(УА «Надежность»), созданную в 1992 году на базе Института проблем прочности Национальной академии наук Украины. На базе этого же академического института в том же году совместным приказом Академии наук и Госстандарта Украины создан Технический комитет Украины по стандартизации ТКУ-68 «Надежность техники» с целью выполнения работ по государственной, межгосударственной и международной стандартизации по надежности техники, по расчетам и испытаниям на прочность. Техническим комитетом ТКУ-68 разработана концепция и структура системы общегосударственных стандартов в Украине по надежности и целый ряд общетехнических государственных стандартов Украины (ДСТУ), часть из которых являются также межгосударственными стандартами стран СНГ системы ГОСТ 27. «Надежность техники». Разработка отраслевых нормативных документов (стандартов) по надежности отдельных видов техники на базе действующих общетехнических государственных и международных стандартов пока что находится в стадии становления [1-5]. До распада СССР в общесоюзном Министерстве морского флота действовали руководящие нормативные документы группы РД 31.22. «Качество технических средств судов Минморфлота. Система сбора, обобщения и использования информации о надежности». Наиболее значимым в этой системе с точки зрения научно-методического обеспечения исследования надежности судов и судовых технических средств был РД 31.22.03-83. Этот нормативный документ до сих пор оставлен в силе и действует на морском транспорте Российской Федерации. В Украине же приказом Государственного департамента морского и речного транспорта Украины от 23.09.94 г., № 91 все руководящие документы бывшего Минморфлота СССР по надежности судовой техники группы РД 31.22. ... безо всяких на то оснований и пояснений были отменены. При этом новые руководящие нормативные документы до сих пор не разработаны, а сам приказ ГДМРТУ Минтранс Украины признан недействительным только в 2002 году путём продления действия руководящих документов бывшего Минморфлота СССР до 2007 года. С 2014 года все стандарты бывшего СССР в Украине считаются недействующими.

Для ликвидации этого пробела, исходя из объективного условия опережающего развития науки в отношении потребностей практики автором [2] совместно со специалистами УА «Надежность» в инициативном порядке выполняются работы по созданию системы сбора, обработки и анализа информации о надежности торговых судов и СТС на базе современной теории надежности техники, международных, европейских стандартов и уже имеющихся национальных стандартов ДСТУ.

Далее в докладе рассматривается новая технология исследования надежности, предложенная доктором технических наук, заместителем директора Института проблем математических машин и систем НАН Украины Стрельниковым В.П. уже реализованная в общегосударственных стандартах и адаптированная в нормативные документы морского и речного транспорта Украины в виде двух универсальных отраслевых стандартов: «Судовые технические средства. Оценка надежности по результатам испытаний и/или эксплуатации» и «Судовые технические средства. Оценка и прогнозирование остаточного ресурса» [2].

В заключении делается вывод о том, что научно-исследовательские работы в области систематизации и стандартизации методов и средств по сбору, обработке и использованию информации о надежности судов и судовых технических средств в морской индустрии Украины находятся в «замороженной» стадии и не отвечают современным вызовам мирового судоходства. Всё это требует значительных усилий ещё имеющегося научного потенциала украинских учебных и научно-исследовательских организаций [2-6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Калугин В. Н. Анализ надежности судовых дизелей // Судовые энергетические установки, Вып. № 32. - Одесса: ОНМА.- 2013.- С. 129-132.
2. Кривощек В.Е. Новые отраслевые стандарты по надежности судовых технических средств в эксплуатации // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – Вып. 19. – С. 96-106.
3. Кривощек В.Е. Повышение эффективности эксплуатации техники – это улучшение управляемости её надёжностью и качеством // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Материалы 5-й Международной научно-практической конференции, 27-29 сентября 2005 г., г. Ялта. – К. : АТМ Украины, 2005. – С. 57-59.
4. Кривощек В.Е. Надёжный подход в проектировании, постройке и эксплуатации морских судов и их элементов: // Тезисы Международной научно-технической конференции «Прочность материалов и элементов конструкций», посвященной 100-летию со дня рождения Г.С. Писаренко, Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины, 28-30 сентября 2010 г., г. Киев: ИПП НАНУ, 2010. – С. 117-120.
5. Кривощек В.Е. Особый взгляд на надёжность техники // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування (СЕУТТОО-2012): Матеріали Другої Всеукраїнської науково-практичної конференції, 10 – 12 жовтня 2012 року м. Херсон. – Херсон : Издательство ХДМА, 2012. – С. 136-139.
6. Кривощек В.Е. Общая проблема надёжности на стыке 2012-2013 г.г.: два главных принципа (Надёжность и безопасность) // Методы менеджмента качества. – № 3. – 2013.- С. 50-52.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНЫХ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ

Худяков И.В.

Херсонское мореходное училище рыбной промышленности
(Украина)

Одним из основных параметров, отражающих режим работы и состояние судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС), является характер изменения давления внутри цилиндра. Трудность контроля этого параметра заключается в том, что чувствительный элемент датчика непосредственно соприкасаются с рабочим телом находящимся внутри цилиндра двигателя, и соответственно подвергаются ряду физических и химических воздействий (коррозия, эрозия, высокая температура, высокое давление и т.д.). В настоящее время датчики способные длительно и надежно работать в таких условиях, практически отсутствуют. Поэтому информация, необходимая для управления рабочим процессом в СДВС собирается косвенным путем.

В условиях ужесточения требований по экологической безопасности и проблемы снижения расхода топлива при эксплуатации СДВС возникает необходимость использования узкоспециализированного датчика для получения первичной информации о протекании рабочего процесса двигателя для последующей его корректировки и управления.

Для исследования различных процессов в СДВС наибольшее распространение получили диафрагменные датчики, применяющиеся при измерениях как статических, так и динамических давлений. Теоретическая база этих датчиков достаточно хорошо разработана [1, 2]. Для преобразования измерительного сигнала в электрический традиционно используются тензометрические, индуктивные, емкостные и пьезоэлектрические преобразователи [2]. Альтернативой подобному подходу является использование оптоволоконных преобразователей, в которых измеряемый параметр преобразуется сначала в оптический, а за тем в электрический сигнал [3, 4, 5].

Амплитудные оптоволоконные датчики давления (ОВД) имеют определенные преимущества перед существующими тензорезистивными, индуктивными и емкостными, такие как нечувствительность к электромагнитным полям, вибрации, агрессивным средам, пожаро-, взрыво-, электро- безопасность. Это обусловлено их принципом действия, заключающимся в перераспределении светового потока между подводящими и отводящими свет оптическими волокнами из-за перемещения под действием давления деформируемого зеркала.

Результаты измерений, полученных с помощью амплитудных оптоволоконных датчиков просто анализировать, в том числе с помощью средств вычислительной техники.

Одна из простейших конструкций амплитудного датчика является схема, где перемещение диафрагмы моделирует интенсивность отраженной световой волны.[1, 6, 7].

В рамках данного исследования рассматривается амплитудный ОВДД отражательного типа, предел намерений которого составляет от 0 до 30 МПа. Моделирование осуществлялось методом конечных элементов в среде SolidWorks.

Конструкция датчика (рис. 1) состоит из нескольких частей. Через соединительный канал корпуса датчика (4) рабочее тело воздействует на мембрану (7) размещенную в корпусе (4), который имеет резьбовое соединение для крепления втулки (5) для прижима мембраны. Для стабилизации температурного режима датчика, предусмотрена полость циркуляции охлаждающей жидкости в рубашке (6). В световой головке (2) располагается оптоволоконный жгут, по которому к мембране подводится световой сигнал от полупроводникового светоизлучателя, и снимается отраженный сигнал с помощью светоприемника, которые так же расположены в световой головке (2).

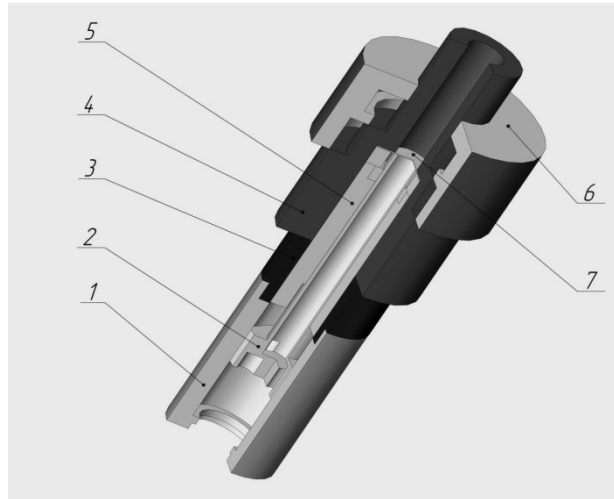


Рисунок 1 – Трехмерная модель амплитудного ОВДД отражательного типа:
1 – кожух; 2 – световая головка; 3 – стакан; 4 – корпус; 5 – втулка; 6 – рубашка; 7 – мембрана

Одна из основных задач, которая решается при проектировании мембраны, - получить ее упругую характеристику максимально близкой к линейной. Очевидно, чем меньше нелинейность, тем проще и дешевле регистрирующая электронная часть датчика, обрабатывающая сигнал.

Важным параметром влияющим на напряженно-деформированное состояние мембраны, является величина силы затяжки. В соответствии с проводимыми ранее исследованиями, ниже приводится график зависимости оптического зазора от величины затяжки мембраны.

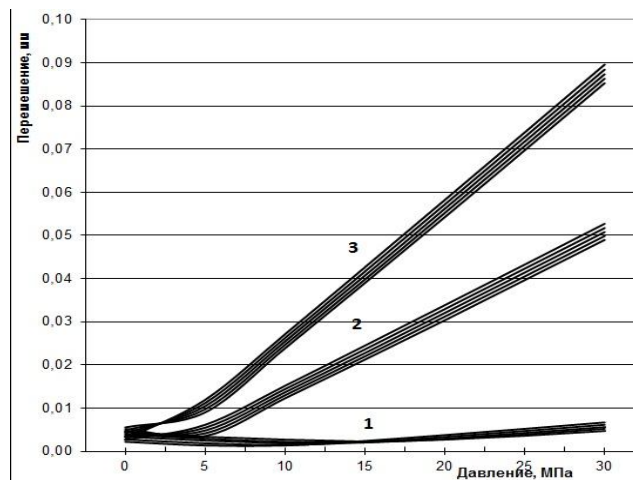


Рисунок 2 – График изменения оптического зазора от величины затяжки для расчетных точек 5;25;51

- 1 – семейство кривых для расчетной точки 1;
- 2 – семейство кривых для расчетной точки 25;
- 3 – семейство кривых для расчетной точки 51

Из графика на рис. 2 видно, что изменение оптического зазора в окрестностях расчетной точки 5 (0,495мм) носит не линейный характер, что можно объяснить наличием в этой зоне (по периферии мембраны) напряженного состояния возникающего вследствие затяжки мембраны.

В окрестностях точек 25 (2,475мм) и 51 (5,049мм) наличие деформированного состояния приводит к тому, что в диапазоне измерения давления от 0 МПа до 5 МПа для точки 51 и от 0 МПа до 8 МПа для точки 25 изменение оптического зазора носит не линейный характер. Причем величина нелинейности усиливается с увеличением силы затяжки мембраны.

Исходя из проведенного исследования, следует, что затяжку необходимо изменять в сторону уменьшения, однако, не нарушая герметичности датчика. Возможно применение ЧЭ в виде стакана, однако это очень сложно с точки зрения технологического процесса изготовления. Такой ЧЭ будет дорогостоящий. Либо возможно применять ЧЭ в виде мембраны и тарировать затяжку различными способами (прецизионное прилегание плоскостей, применение высокотемпературного герметика и т.д.).

Следующим важным фактором при проектировании ОВД является технология создания оптоволоконной головки.

Тип, размеры, количество оптических волокон (ОВ), их взаимное расположение в торцах ОВ кабеля, неинформативные и информативные изгибы кабеля существенно влияют на метрологические характеристики ОВД.

Коаксиальное расположение ОВ в жгуте получило наибольшее распространение как наиболее простое по технологии изготовления. Одновременно они наиболее целесообразно с точки зрения управления световым потоком. Изменение взаимного расположения излучающих ОВ (ИОВ) и приемных ОВ (ПОВ) в жгуте ОВ кабеля дает возможность изменять глубину модуляции оптического сигнала и чувствительность преобразования ОВД.

На рисунке 3, приведены варианты взаимного расположения ИОВ и ПОВ в общем торце ОВ кабеля.

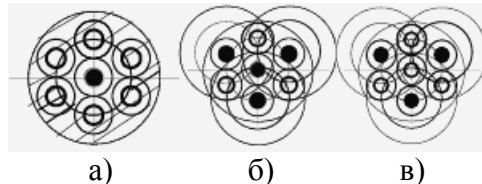


Рисунок 3 – Взаимное расположение излучающих и приемных волокон в общем торце ОВ кабеля ОВД отражательного типа

Дана оценка эффективности каждой из возможных схем расположения ОВ, для чего принят ряд допущений: мощность отраженного светового потока $P_{пр}$, поступающего в каждое ПОВ от каждого ИОВ, принимается за условную единицу, т.е. $P_{пр}=1$; мощности излучения любого ИОВ равны между собой; диаграмма распределения светового потока на торце любого ИОВ симметричная и равномерная. Тогда

$$\Sigma P_{пр} = \Sigma n P_{пр}, \text{ где } n - \text{ количество ООВ.}$$

- для первой схемы (рис. 4, а): $\Sigma P_{пр} = 6 \times 1 = 6 \text{ у.е.}$
- для второй схемы (рис. 4, б): $\Sigma P_{пр} = 3 \times 3 = 9 \text{ у.е.}$
- для третьей схемы (рис. 4, в): $\Sigma P_{пр} = 3 \times 2 + 1 \times 3 = 9 \text{ у.е.}$

Таким образом, при одном и том же количестве ОВ в жгуте, равном семи, эффективность варианта б и в в 1,5 раза выше варианта а. Именно такое расположение волокон в общем торце ОВ кабеля обеспечивает максимальную чувствительность преобразования и выходную мощность оптического сигнала, так как каждое из ПОВ дает максимальный вклад в отклик приемника излучения.

Так же перед проектировщиком возникает проблема выбора штатного крепления датчика. В настоящее время единственным местом установки может быть индикаторный кран. Однако он имеет свои важные задачи в эксплуатации СДВС (продувка, вентиляция цилиндров и т.д.), исключить которые из процесса эксплуатации нельзя.

Эту проблему можно решить с помощью применения специальных переходников, как показано на рис. 4.

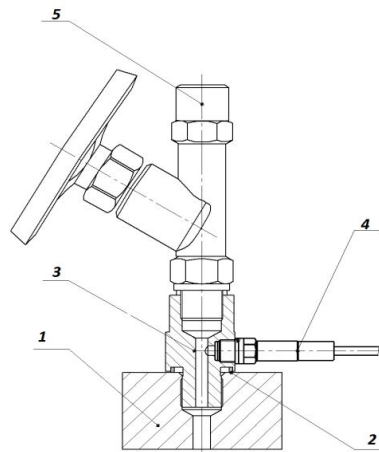


Рисунок 4 – Вариант установки ОВД давления на индикаторный кран СДВС:
1 – корпус, 2 – прокладка; 3 – переходник; 4 – датчик давления; 5 – кран индикаторный.

Данное крепление можно использовать во время проведения исследований, впоследствии для применения данного датчика давления возможна проектировка специального штуцера в корпусе СДВС для штатного подключения.

Выводы

1. Для мониторинга характера изменения давления рабочей среды в цилиндре СДВС в реальном времени, наиболее простым и экономически эффективным является применение амплитудных ОВД рефлектометрического типа.

2. На метрологические характеристики датчика влияет значительное число параметров, таких как длина, удельные потери, форма и геометрические размеры волокон, апертура источника оптического излучения, величина силы затяжки мембраны, взаимное линейное и угловое расположение излучающих и приемных волокон; два последних фактора оказывают наибольшее влияние.

3. Наиболее существенный вклад в погрешности измерения, обусловленные изменениями температуры окружающей среды, из всей схемы электронной обработки вносят полупроводниковые приборы, используемые как источники и приемники оптического излучения, поэтому конструкция датчика должна включать в себя схему термостабилизации.

4. Проблему выбора штатного крепления датчика, можно решить с помощью применения специальных переходников, установленных на индикаторном кране.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бусурин В.И. Волоконно-оптические датчики: физические основы расчета и применения. / Бусурин В.И., Носов Ю.Р. // Москва, Энергоатомиздат, 1990.
2. Окоси Т. Волоконно-оптические датчики. – Ленинград, «Энергоатомиздат», 1990.
3. Зак Е.А. Волоконно-оптические преобразователи с внешней модуляцией. – М., «Энергоатомиздат», 1989.
4. Белоусов Е.В. Опыт создания оптоволоконных датчиков для индицирования рабочего процесса двигателей / Е.В. Белоусов, В.П.Савчук, А.Д.Штанько // Грузовик & Строительно-дорожные машины, автобус, троллейбус, трамвай. – М.: «Машиностроение», 2008. – №12.
5. Vaganov V.I. Construction problems in sensors // Sensors and actuators, A, 28 (1991), P 161-172.
6. Зак Е.А. Особенности проектирования рефлектометрических ВОД перемещений / Зак Е.А., Тув А.Л. // Измерительная техника. – №1. – 1997. – С. 28-30.
7. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах // Ленинград, «Энергоатомиздат», 1988.

АНАЛИЗ СОСТАВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ГАЗОВОЗОВ LNG

Чередниченко А.К.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Введение. Одним из основных энергоносителей является природный газ. По прогнозам, его доля на мировом рынке энергоносителей будет плавно расти до 32-33% в 2035 г. Трубопроводы останутся основным методом транспортировки данного сырья, но доля, приходящаяся на транспортировку сжиженного природного газа (LNG) неуклонно будет возрастать с 32% в 2012 г. до более чем 46% к 2035 г. [1,2] В настоящее время 29 стран мира экспортируют, а 19 импортируют данный товар. Это привело к тому, что за последние два десятилетия заметно выросло число судов, предназначенных для транспортировки сжиженного природного газа – газозовов LNG. На январь 2015 года в эксплуатации находится почти 400 судов такого типа, а еще свыше 130 судов заказаны или находятся в постройке.

Актуальность исследования. Анализ состава энергетических установок газозовов LNG, заказанных в 2014 г. показывает, что только 5% из них будут оснащаться традиционными до недавнего времени для судов такого типа паротурбинными пропульсивными установками. Практически все суда оснащаются двухтопливными главными двигателями. По данным компании АBB более 30 судов имеют дизель-электрическую установку [3]. На значительной части судов установлены двухтопливные малооборотные дизельные двигатели с прямой передачей мощности на винт. Крупнейший производитель газотурбинных двигателей компания General Electric разработала и получила одобрение ведущих классификационных обществ на газопаротурбинную установку для газозова LNG [4]. Концерн Mitsubishi Heavy Industries продолжает работу над высокоэффективной паротурбинной установкой нового поколения «Ultra Steam Turbine plant» (UST) [5]. Такое разнообразие проектных решений требует систематизации существующих и перспективных направлений развития энергетических установок LNG.

Постановка задачи. Как для любого транспортного судна решение о выборе состава судовой энергетической установки (СЭУ) газозова LNG базируется на многих факторах, но основным показателем является комплексная оценка экономической эффективности. Важной задачей является выявление «определяющих» критериев [6] выбора состава энергетической установки при морской транспортировке сжиженного природного газа.

Результаты исследования. При определении эффективности проектных решений по судовой энергетической установке газозова LNG предложено рассматривать СЭУ как энергетический комплекс, состоящий из трех основных взаимосвязанных компонентов: главных двигателей, электроэнергетического оборудования и системы обработки испаряющегося в процессе транспортировки газа. Анализ существующих конструкций и научных исследований в данной области показал, что существует два основных варианта СЭУ газозова LNG [7]:

- с обработкой испаряющегося газа в установке повторного сжижения;
- с утилизацией испаряющегося в процессе транспортировки груза в энергетической установке.

К первой группе можно отнести установки на базе однотопливных (SF- single-fuel) малооборотных (МОД) и среднеоборотных (СОД) дизельных двигателей, паровых турбин и газотурбинных двигателей (ГТД). Наибольшее распространение получили установки SFDM+R (diesel mechanical propulsion with reliquefaction) – дизельная

пропульсивная установка с прямой передачей мощности на винт и установка повторного сжижения.

С точки зрения определения перспективных путей повышения эффективности энергоиспользования наибольший интерес представляет второй вариант.

Можно выделить следующие основные типы энергетических установок на базе двухтопливных (DF- dual-fuel) МОД и СОД, двухтопливных паровых турбин и ГТД:

- DFDM (low-speed diesel mechanical propulsion) - пропульсивная установка с МОД и прямой передачей мощности на винт;
- DFSM (steam turbine mechanical propulsion) - паротурбинная пропульсивная установка;
- DFDE (medium-speed diesel electric propulsion) - дизель-электрическая пропульсивная установка;
- DFGE (gas turbine electric propulsion) - газотурбоэлектрическая пропульсивная установка;
- DFCOGES (combined gas and steam turbines electric propulsion) – комбинированная газопаротурбоэлектрическая пропульсивная установка;
- DFCODMDE (combined low-speed diesel mechanical and diesel electric propulsion) – комбинированная пропульсивная установка с МОД и прямой передачей мощности на винт совместно с дизель-электрической пропульсивной установкой;
- DFCODMGE (combined low-speed diesel mechanical and steam turbine electric propulsion) – комбинированная пропульсивная установка с МОД и прямой передачей мощности на винт совместно с газотурбоэлектрической пропульсивной установкой;
- DFCODMSE (combined low-speed diesel mechanical and steam turbine electric propulsion) – комбинированная пропульсивная установка с МОД и прямой передачей мощности на винт совместно с паротурбоэлектрической пропульсивной установкой;
- DFCODMCOGES (combined low-speed diesel mechanical and steam turbine electric propulsion) – комбинированная пропульсивная установка с МОД и прямой передачей мощности на винт совместно с газопаротурбоэлектрической пропульсивной установкой.

В работе [8] на основе анализа развития судовой энергетики сформулированы основные критерии комплектации судовой энергетической установки. Применяв данный подход к анализу и выявлению рационального состава энергетической установки, объединив ряд критериев, можно сгруппировать их по принципам максимизации и минимизации показателей [9].

Таблица 1 – Основные критерии выбора состава энергокомплекса транспортного судна

МАКСИМИЗАЦИЯ (↑)	МИНИМИЗАЦИЯ (↓)
энергетической эффективности	капитальных затрат
надежности и живучести	эксплуатационных затрат за весь жизненный цикл судна
маневренности (гибкости выработки и распределения мощности)	массогабаритных характеристик
автономности	экологического воздействия на окружающую среду
удобства эксплуатации	количественных и качественных характеристик обслуживающего персонала

Разнообразие требований, часть из которых может противоречить друг другу, приводит к необходимости определить значимость критериев и выделить группы «определяющих» критериев в зависимости от целевой функции судна. Для танкера LNG автором предложена следующая приоритетность групп критериев (табл. 2).

Таблица 2 – Приоритетность критериев выбора типа и состава энергокомплекса танкера LNG

Приоритеты I уровня	Группа критериев обеспечения эксплуатационной работоспособности
Приоритеты II уровня	Группа критериев экономической эффективности
	Группа критериев экологической эффективности

Выводы. Анализ методологии выбора состава установки судового энергетического комплекса показывает необходимость определения значимости критериев в зависимости от целевой функции судна. Для танкера LNG приоритетность отдается критериям обеспечения эксплуатационной работоспособности в условиях воздействия внешних и внутренних источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. BP Energy Outlook 2035. January 2014 [Электронный ресурс] / Режим доступа: bp.com/energyoutlook#BPstats
2. International Energy Outlook 2014 [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2014\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2014).pdf).
3. Reference list LNG carriers. Electric power and propulsion systems. Reference list March 1, 2014 [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.abb.com/marine.
4. GE designs first gas turbine propelled LNG tanker / LNG shipping news: 19 December 2013.
5. Mitsubishi Heavy Industries Technical Review: September 2010, Vol. 47, No. 3
6. Гильмияров Е.Б. Специализированные судовые энергетические установки [Текст] / Е.Б. Гильмияров, В.В.Цветков // Вестник МГТУ. – 2007. - Том 10 - №4. - С. 568–576.
7. Economic Evaluation of Propulsion Systems for LNG Carriers: A Comparative Life cycle Cost Approach: Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd. GASTECH 2008.
8. Гильмияров Е.Б. Многокритериальный подход к выбору судовой энергетической установки [Текст] / Е.Б. Гильмияров, В.В.Цветков // Вестник МГТУ. – 2006. - Том 9 - №3. - С.502–513.
9. Чередниченко А. К. Критерии выбора состава установки мобильного энергокомплекса [Текст] / А.К. Чередниченко // MOTROL. – Lublin - 2010. – Vol 12A. – p. 7–14.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ РАБОТЫ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Чуб Н.А.

Одесская национальная морская академия (Украина),

Кривощев В.Е.

Одесский учебно-исследовательский центр «Надежность в судоходстве»
(Украина)

Современное развитие дизелестроения характеризуется повышением цилиндровой мощности за счет форсирования двигателя и использованием тяжелых сортов топлива, что приводит к возрастанию нагрузок, увеличению скорости изнашивания антифрикционных слоев вкладышей подшипников коленчатых валов, и, соответственно, к снижению срока их службы и необходимости частой замены во избежание возможных аварийных ситуаций. Актуальность исследований конструктивных особенностей, условий эксплуатации, механизма изнашивания и надежности подшипников скольжения обусловлена разнообразием их конструкций, используемых в эксплуатации, значительными издержками вследствие их внезапных отказов, а также решением проблемы их возможного восстановления для повторного использования в качестве запасных частей [1-3].

Традиционный материал для изготовления подшипников – баббит – обладает высокими триботехническими свойствами, хорошей прирабатываемостью и прилегаемостью, отличной способностью к поглощению твердых частиц, но не выдерживает высоких удельных нагрузок и скоростей скольжения в современных двигателях с высокими частотами вращения и большой цилиндровой мощностью.

В конце 60-х начале 70-х годов прошлого века в изготовлении и в восстановлении подшипников скольжения дизелей в основном был завершен переход от горячей заливки баббита к гальваническому способу нанесения скользящих слоев. Гальванический слой более устойчив к нагрузкам, чем толстая заливка белого металла, предрасположенная к выкрашиванию в случаях перегрузки двигателя, к действию кавитации и других разрушающих факторов, приводящих к раскрытию среднего бронзового слоя. В середине 70-х годов прошлого века в качестве среднего слоя вкладышей начали использовать алюминиевые сплавы, обладающие большей задиростойкостью и теплопроводностью по сравнению со свинцовистой бронзой.

В начале 80-х годов прошлого века становится очевидным, что применяемые традиционные подшипники коленчатых валов с тонкостенными гладкими полиметаллическими вкладышами работают у пределов допустимых для узлов трения характеристик по минимальной толщине масляного зазора, максимальному давлению и температуре масляной пленки, окружной скорости шейки вала. Дальнейшее совершенствование состава антифрикционного материала вкладышей позволило добиться некоторых успехов в повышении предела усталостной прочности и коррозионной стойкости подшипников. Однако этого оказалось недостаточно для вновь проектируемых двигателей. Отрицательным явлением вкладышей подшипников с гальваническим скользящим слоем является возможность открытия на большой поверхности запорного слоя никеля, имеющего высокую твердость и способствующего усиленному износу шейки вала. Последние разработки специализированных фирм-изготовителей подшипников скольжения дизелей, например австрийской фирмы Miba, привели к созданию принципиально новой конструкции высоконадежных тонкостенных полиметаллических вкладышей подшипников коленчатых валов – желобчатый подшипник Rillennlager, который с середины 80-х годов прошлого века предложен на мировом рынке для

использования в средне- и высокооборотных дизелях, работающих на тяжелом топливе [1].

В настоящее время в двигателях внутреннего сгорания используется большое количество различных по применяемым материалам вкладышей – от простейших однослойных до сложных многослойных. На большинстве главных и вспомогательных СОД эксплуатируются тонкостенные многослойные вкладыши на упругой стальной основе, отличающиеся между собой количеством антифрикционных слоев, их толщиной, химическим составом и способом нанесения.

Двухслойные (биметаллические) вкладыши. В зависимости от того, какие свойства подшипника требуется повысить, применяются следующие типы вкладышей: стале-алюминиевые, бронзово-баббитовые, алюминиевые с гальваническим слоем свинцово-оловянного сплава.

Стале-бронзовые («Miba» 01, 21) и стале-алюминиевые («Miba» 05, 14) вкладыши применяются при средних нагрузках и скоростях скольжения. Стальная основа придает вкладышу необходимую жесткость и упругость. Кроме того, более тонкий слой антифрикционного материала способен воспринимать более высокие удельные нагрузки.

Алюминиевые вкладыши с гальваническим слоем свинцово-оловянного сплава предназначены для подшипников с невысокими удельными нагрузками. Гальванический слой позволил повысить их прилегаемость и прирабатываемость.

Трехслойные вкладыши. В современных многослойных вкладышах (три основных слоя) оптимально комбинируются преимущества отдельных материалов. Применение данной конструкции в СОД, у которых другие виды вкладышей (монометаллические или биметаллические) уже не соответствовали высоким удельным нагрузкам и скоростям скольжения, привело к дальнейшему повышению мощности дизелей, а также к увеличению надежности подшипниковых узлов новых машин большой мощности. Стальная основа придает вкладышу необходимую упругость и жесткость, а бронза или алюминиевый сплав воспринимают нагрузку.

В качестве материалов для антифрикционного слоя применяют свинцово-оловянные сплавы $PbSn_{18}Cu_2$ и $PbSn_{12}Cu_2$ толщиной 0,02–0,04 мм, которые наносят гальваническим способом. Данные сплавы мягкие и пластичные, обладают хорошей прилегаемостью и прирабатываемостью и компенсируют отсутствие этих свойств у бронз и алюминиевых сплавов. Они имеют также хорошие триботехнические свойства. При малой толщине они способны выдерживать значительные нагрузки. Твердые частицы, не превышающие по размерам толщины слоя, отлично ими поглощаются. Но частицы большего размера уже не могут быть поглощены полностью, особенно у вкладышей с бронзовым средним слоем, и это является недостатком таких вкладышей.

Вкладыши с напыленным антифрикционным слоем. Напыленные вкладыши обладают наибольшей износостойкостью и почти неограниченным ресурсом. Антифрикционный слой АО20 напыляется на подслой $AlZn_{4,5}Mg$, имеющий толщину 16 мкм. Этот тип вкладышей («Miba» 36) не имеет никелевого слоя. При напылении на подслой бронзы наносят промежуточный никелевый слой из-за высокого содержания олова («Miba» 37). Стальные напыленные вкладыши («Miba» 34) были разработаны для экстремальных нагрузок и получения высокой усталостной прочности. Слой АО20 напыляется на стальную основу вкладыша, причем толщина слоя больше, чем для трехслойного вкладыша (приблизительно 30 мкм), для обеспечения высокой надежности подшипникового узла во время приработки или при наличии абразивных частиц (для избежания контакта стальной основы с шейкой вала в случае интенсивного износа). Вкладыши с напыленным антифрикционным слоем в вакууме значительно дороже по сравнению с гальваническим покрытием.

Основной причиной отказов подшипников скольжения коленчатых валов СОД является абразивное изнашивание, в первую очередь мотылевых шеек коленчатого вала и вкладышей с гальваническим антифрикционным слоем, которое обусловлено наличием

абразивных частиц в моторном масле, завышенными масляными зазорами в сопряжении, которые в свою очередь приводят к контакту поверхностей деталей в режиме работы дизеля даже на номинальной и близкой к номинальной частотах вращения двигателя.

Интенсивность изнашивания поверхностей трения зависит от ряда факторов, определяемых особенностями конструкции двигателя, условиями его эксплуатации, техническим состоянием двигателя, качеством применяемого топлива, масла и т. п. На скорость изнашивания трибосопряжения «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» большое влияние оказывают триботехнические свойства моторного масла: вязкость, концентрация механических примесей, их дисперсный состав, попадание топлива в смазку, угар масла и т. д.[2]

Абразивный износ деталей ДВС происходит вследствие попадания твердых частиц загрязнений в слой жидкой смазки, разделяющей поверхности трения. С увеличением концентрации и размеров частиц в моторном масле растет износ деталей двигателя.

Количество механических примесей и продуктов износа в работающем масле СОД существенно зависит от вида топлива, на котором работает дизель – тяжелое или дистиллятное. При работе дизелей на тяжелых сортах топлива в моторном масле значительно больше механических примесей (в среднем 0,51–1,0 мг/кг) по сравнению с моторным маслом двигателей, работающих на дистиллятном топливе (в среднем 0,10–0,25 мг/кг).

Скорость изнашивания трибоузла также зависит от размера абразивных частиц в моторном масле, размер которых находится в пределах 2,5–20,0 мкм. Причем по мере увеличения их размера до критической величины скорость возрастает, а затем понижается вследствие их интенсивного дробления. Максимальный износ наблюдается когда размер частиц на 7–10 мкм превышает минимальную толщину масляного слоя т. е. составляют 8,5 мкм для дизеля 2ДС4 и 16,8 мкм для 9ZL 40/48 [3].

Максимальный износ в трибосопряжении располагается в зоне минимальной толщины масляного слоя в результате формируется овальность шеек коленчатого вала. С увеличением масляного зазора минимальная толщина масляного слоя снижается и превышает критическую (толщина слоя, при которой поверхности трения сопряженных деталей начинают соприкасаться вершинами микровыступов). Толщина масляного слоя превышает критическую только при величинах, соответствующих установочным зазорам в сопряжении, причем часто только при их минимальных значениях.

Таким образом, для повышения надежности подшипников скольжения коленчатых валов СОД и снижения вероятности аварий двигателя из-за задиров шеек необходимо формировать на их поверхностях металлокерамические покрытия, которые позволяют существенно уменьшить параметры шероховатости и коэффициента трения, и как следствие – к снижению энергетического уровня контактного взаимодействия трущихся поверхностей и величины износа трибосопряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеков В.Е. Особенности эксплуатации тонкостенных полиметаллических подшипников скольжения среднеоборотных дизелей // М.: Минморфлот. В/О «Мортехинформреклама». Морской транспорт. Серия «Техническая эксплуатация флота», выпуск № 19(735), 1990, С. 1-18.
2. Кривошеков В.Е. Оценка надежности и прогнозирование задиров мотылевых подшипников главных среднеоборотных дизелей «Зульцер-3года» типа 16ZV40/48 // М.: Минморфлот. В/О «Мортехинформреклама». Морской транспорт. Серия «Техническая эксплуатация флота», выпуск № 13(777), 1992, С. 1-7.
3. Кривошеков В.Е. Подшипники скольжения судовых дизелей: особенности конструкции, эксплуатации и обслуживания // Сб. тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф. «Износостойкость и надежность узлов трения машин (ЗНМ-2001)» (17-19 октября 2001г., г. Хмельницкий, Украина). – Хмельницкий: ТУП, 2001. – С. 54.

***СЕКЦІЯ
ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА,
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ***

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАСТАННЯ МОМЕНТУ НЕОБХІДНОСТІ ОЧИЩЕННЯ НАКИПУ КОТЛА ПЕРЕСУВНИХ ПАРОГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Богатчук І.М., Прунько І.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна),

Богатчук М.І.

Центр нормативно-економічних досліджень ПАТ «Укрнафта»

(Україна, м. Івано-Франківськ)

Вступ. Методика відноситься до теплоенергетики, а саме до пересувних парогенераторних установок нафтогазового технологічного транспорту: ППУ-3; ППУ-3М; ППУА-1200/100; ППУА-1600/100; АДПМ-12/150У1; 2АДПМ-12/150-У1 та інші [1, 2, 3], які використовуються в нафтогазовій промисловості для депарафінації свердловин, трубопроводів, нафтогазового та іншого обладнання насиченою паром високого і низького тиску, а також для інших побутових та промислових потреб.

В інструкціях з експлуатації для наведених установок момент проведення промивки змійовиків парового котла, з метою усунення накипу в паровій магістралі кислотою не регламентується, так як повністю він залежить від живильної води і режиму виробітку пари [1, 2, 3].

Актуальність досліджень. Відомо, що інструкціями з експлуатації парогенераторних установок [1–4] до води, яка використовується для вироблення і закачування в пласт пари, ставляться підвищені вимоги по вмісту розчинених солей та наявності механічних домішок.

Експлуатація парогенераторних установок в польових умовах на далекій відстані від основних баз їх дислокації (зберігання і обліку) приводить до вимушеного споживання фізично і хімічно непідготовленої живильної води, як правило, це підземні природні джерельні води, води з рік, озер, ставків та ін. За фізико-хімічними властивостями згадані води не відповідають поставленим вимогам. Твердість природної непідготовленої води може в 50 разів перевищувати передбачену інструкціями з експлуатації парогенераторних установок [5, 6].

Підготовка живильної води для парогенераторних установок в технологічному відношенні досить складна і фінансово дорога. Тому часто економічно недоцільно створювати спеціальні технологічні системи для підготовки живильної води за умови, коли експлуатуюча організація має в своєму розпорядженні невелику кількість парогенераторних установок.

Використання води, яка не пройшла необхідної попередньої обробки зумовлює і значно пришвидшує появу шару накипу з низьким коефіцієнтом теплопровідності, зростання термічного опору стінок труб і як наслідок зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) котла. Це призводить до перевитрат палива на отримання необхідної кількості пари, в порівнянні з нормативними даними регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок. Утворений накип спричиняє не тільки перевитрату палива, а також може призвести до перепалу і розриву змійовика котла парогенератора.

Тому виникла необхідність встановлення моменту кислотної обробки змійовика парогенератора за доступними фізичними параметрами роботи парогенераторної установки.

Постановка задачі. В основу методики поставлена задача визначення моменту проведення промивки змійовиків парового котла парогенератора шляхом визначення різниці тисків на вхідному і вихідному трубопроводі парогенератора, що дозволить припинити відкладення накипу на стінках змійовика, не допустити перепалу та розриву змійовика, і в зв'язку з цим зменшити витрату палива на вироблення пари.

Результати досліджень. Поставлена задача вирішується тим, що момент необхідності кислотної обробки котла пересувного парогенератора, визначається за тиском в котлі парогенератора. В процесі експлуатації за допомогою диференційного манометра визначають різницю тисків на вході і виході гідросистеми котла теплогенератора, після чого по графіку встановлюють товщину накипу.

Суть запропонованого способу пояснюється наступним чином. Згідно законів гідравліки [7] визначаємо втрати тиску при зміні внутрішнього об'єму змійовика котла тепло генератора.

За джерелом [7] втрати тиску при зміні внутрішнього об'єму визначаємо за формулою Дарсі:

$$h_{\text{втр}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2}. \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічних втрат; l – довжина змійовика, м; d – діаметр змійовика, м; ρ – густина води, кг/м^3 ; V – швидкість руху рідини, м/с.

Розрахунки проводять для реально можливих змін об'єму і за результатами розрахунків отримуємо графік (рис. 1). За графіком в залежності від товщини накипу можна встановити, яка повинна бути різниця тисків на вході і виході з котла теплогенератора.

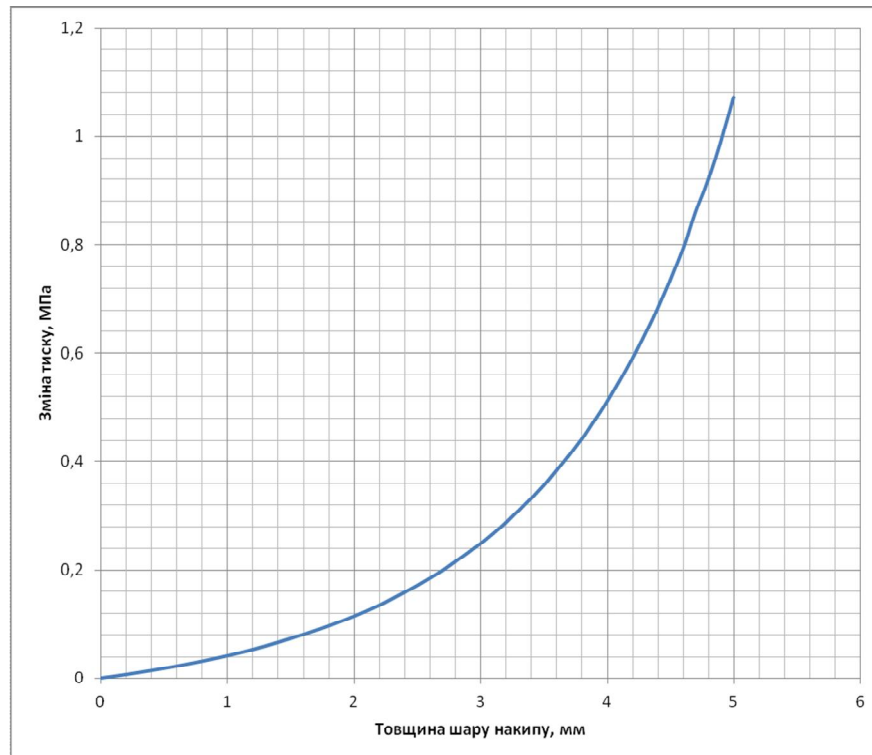


Рисунок 1 – Залежність зміни тиску пари від товщини накипу

Економічну доцільність початку кислотної обробки визначаємо з умови перевитрати пального в залежності від товщини накипу [8].

Для цього проведемо додаткові розрахунки для визначення витрати палива в залежності від товщини накипу.

Витрата палива ППУА при наявності накипу на стінках змійовика котла:

$$B_2 = B_1 \cdot \frac{k_2}{k_1}. \quad (2)$$

де B_1 – витрата палива ППУА без накипу на стінках змійовика, кг/год; k_1 – коефіцієнт теплопровідності без накипу на стінці змійовика котла, Вт/(м²К); k_2 – коефіцієнт теплопровідності стінки змійовика котла при наявності накипу, Вт/(м²К);

Коефіцієнт теплопровідності стінки змійовика котла без накипу визначимо за формулою:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_2} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}} \quad (3)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від гарячого середовища до стінки змійовика, Вт/(м²К); α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до холодного середовища, Вт/(м²К); λ – коефіцієнт теплопровідності стінки, Вт/(м·К); d_1 – внутрішній діаметр стінки змійовика з накипом (рис. 2), м; d_2 – внутрішній діаметр стінки змійовика (рис. 2), м; d_3 – зовнішній діаметр стінки змійовика (рис. 2), м.

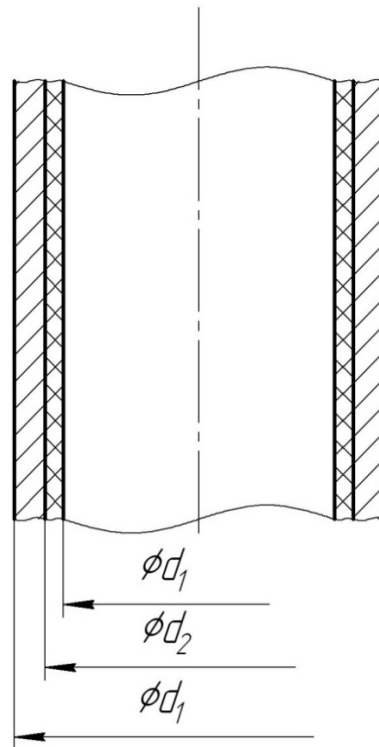


Рисунок 2 – Схема трубки змійовика, вкритої накипом

Коефіцієнт теплопровідності стінки змійовика котла при наявності накипу визначимо як для двошарової циліндричної стінки

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}} \quad (4)$$

λ_2 – коефіцієнт теплопровідності накипу, Вт/(м·К).

Застосуємо дані формули для визначення зміни витрати палива в залежності від товщини накипу на стінках змійовика, взявши за приклад пересувну парогенераторну установку ППУА-1600/100 [4], для якої згідно нормативна годинна витрата пального складає 110 кг/год. Для проведення розрахунків та побудови графіків використаємо математичний пакет Mathcad компанії Mathsoft.

Встановлено, що при товщині шару в 1,5 мм (рис. 3) перевитрата палива збільшується до 20 %, що для установки ППУА 1600/100 буде складати 22 кг/год. Така висока витрата палива в умовах заощадження енергетичних ресурсів недопустима.

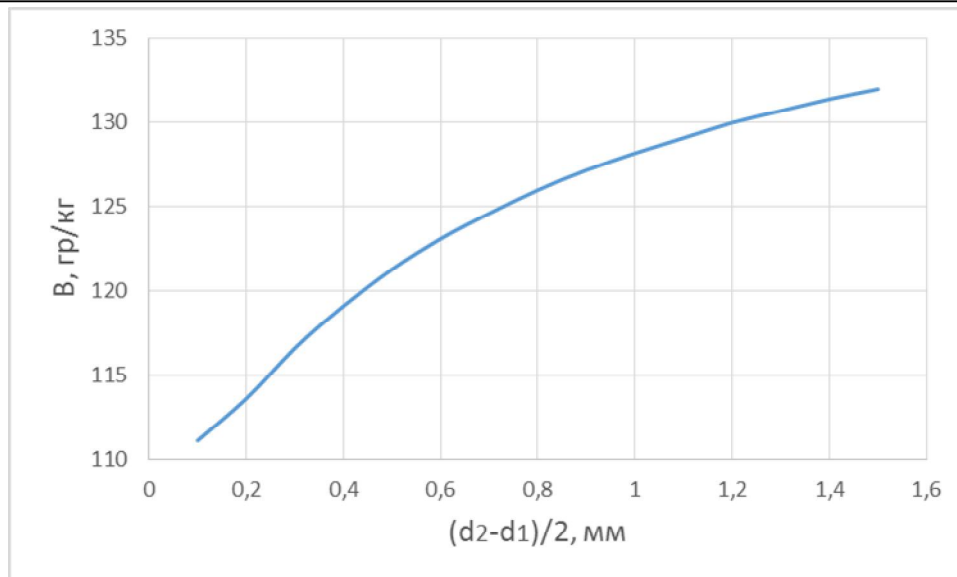


Рисунок 3 – Залежність витрати палива на пароутворення від товщини накипу

Висновки. Таким чином, нами була обґрунтована економічна доцільність проводити кислотну обробку змієвиків ППУ, не чекаючи нормативних термінів (48 – 72 год.). Запропоновано спосіб визначення настання моменту кислотної обробки, виходячи зі значень перепаду тиску на змієвиків. Це дозволить не тільки досягнути економії палива, але і буде запобігати виходу з ладу технологічного обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1200/100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (25.00.00.000 ТО). – 1989. – 72с.
2. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1600/100. Руководство по эксплуатации (ТУ 26-02-987-85). ОАО «Нальчикский машиностроительный завод» – Нальчик, КБР – 2005. – 73 с.
3. Паровая передвижная установка ППУ-3М. Каталог – М.: Недра, 1971. – 43 с.
4. Байбаков Н.К., Брагин В.А., Гарушев А.Р., Толстой И.В. Термоинтенсификация добычи нефти – М.: Недра, 1971. – 280 с.
5. Окоча А. И., Білоконь Я. Ю. Довідник по паливу і мастильних матеріалів.- К.: Урожай, 1988. – 184 с.
6. Колесник П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте. – М. : Транспорт, 1987. – 271 с.
7. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423с.
8. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. Вид. 5-е перераб. і доп. – М. : Атомиздат, 1979. – 416 с.

СВОЙСТВА СМЕСИ ХЛАДАГЕНТОВ R32/R125 КАК РАБОЧЕГО ВЕЩЕСТВА ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Вассерман А.А., Мальчевский В.П.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Смеси озонобезопасных хладагентов – перспективные рабочие вещества холодильных машин. Поэтому нами составлено по экспериментальным данным уравнение состояния и рассчитаны таблицы термодинамических свойств смеси R32/R125. Для составления уравнения состояния смеси использованы 3282 значения плотности в интервалах температур 200...400 К и давлений 0,02...39 МПа для составов от 0,05 до 0,95 мольной доли R32. Та же использованы 388 значений изохорной теплоёмкости в интервалах 208...397 К, 4...33 МПа.

Полученное уравнение состояния описывает термодинамические свойства в однофазной области и на кривой насыщения. При составлении уравнений учитывался вес аппроксимируемых значений коэффициента сжимаемости и изохорной теплоёмкости. Для описания теплоты фазового перехода учитывалось условие равенства площадей под реальной и расчётной изотермами смеси постоянного состава в интервале от v' до v'' .

Уравнение состояния для смеси R32/R125 составлено в форме, рекомендованной В.И. Недоступом и О.В. Недоступом [1]:

$$A = A^{id} + A^E, \quad (1)$$

где A и A^{id} – свободные энергии Гельмгольца реальной и идеальной смеси, A^E – добавка к энергии Гельмгольца от смешения. Величины A^{id} и A^E для бинарной смеси могут быть рассчитаны по выражениям:

$$\frac{A^{id}}{RT} = \alpha^0(\omega, \vartheta, x) = \sum_{k=1}^2 x_k^2 [\alpha_k^0(\omega, \vartheta) + \alpha_k^r(\omega, \vartheta) + \ln x_k], \quad (2)$$

$$\frac{A^E}{RT} = \alpha^E(\omega, \vartheta, x) = 2x_1x_2 \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^r a_{ij} \omega^i \vartheta^{-j} + \exp(-\omega^2) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s b_{ij} \omega^i \vartheta^{-j} \right], \quad (3)$$

где x_k – мольные доли компонентов смеси, $\omega = v_{kp}/v$ – приведенная плотность и $\vartheta = T_{kp}/T$ – обратное значение приведенной температуры смеси.

В выражении (2) α_k^0 и α_k^r – идеально-газовая и реально-газовая части свободной энергии Гельмгольца компонента k ; в выражении (3) a_{ij} и b_{ij} – коэффициенты функции взаимодействия, которые определяются на основании экспериментальных данных о термодинамических свойствах смеси.

Таблица 1 – Коэффициенты a_{ij} и b_{ij} функции взаимодействия для смесей

i	j	a_{ij}	i	j	a_{ij}	i	j	b_{ij}
1	0	$4,6731642 \cdot 10^{-1}$	10	1	$1,7691769 \cdot 10^{-5}$	5	2	$-1,8620876 \cdot 10^0$
1	1	$-3,1981371 \cdot 10^{-1}$			b_{ij}	5	4	$2,1611290 \cdot 10^0$
1	2	$-1,3492889 \cdot 10^0$	1	1	$-4,4740867 \cdot 10^0$	5	5	$-1,0776408 \cdot 10^0$
1	6	$-7,9390186 \cdot 10^{-3}$	1	2	$1,5384715 \cdot 10^1$	7	1	$-9,7821017 \cdot 10^{-3}$
2	3	$1,0116214 \cdot 10^{-1}$	1	3	$-1,9991532 \cdot 10^1$	9	1	$1,2680964 \cdot 10^{-2}$
4	0	$1,9803164 \cdot 10^{-2}$	1	4	$1,1760475 \cdot 10^1$	10	3	$-1,6539102 \cdot 10^{-2}$
5	6	$7,5862805 \cdot 10^{-5}$	1	5	$-2,7819001 \cdot 10^0$	10	4	$1,5273994 \cdot 10^{-2}$
9	3	$-1,1782353 \cdot 10^{-5}$	2	2	$1,7203953 \cdot 10^{-1}$			
10	0	$-1,5821753 \cdot 10^{-5}$	5	1	$9,1190042 \cdot 10^{-1}$			

Значения коэффициентов функции взаимодействия, приведенные в табл. 1, были определены путём пошагового регрессионного анализа с использованием метода составления уравнения состояния, предложенного Реук и Армстронгом [2]. В качестве

уравнений состояния компонентов использованы уравнения, составленные А. А. Вассерманом и Д. В. Фоминским [3].

Для оценки точности уравнения состояния сопоставлены рассчитанные значения термодинамических свойств с исходными данными. Уравнение описывает массивы данных о плотности и изохорной теплоёмкости со средними квадратическими отклонениями 0,25 % и 1,32 % соответственно.

Уравнение состояния введено в автоматизированную информационную систему по теплофизическим свойствам технически важных веществ, разработанную нами [4]. С помощью системы могут быть рассчитаны свойства 21-го вещества в газообразном и жидком состояниях: одноатомных газов, воздуха и его основных компонентов, диоксида углерода, аммиака, пяти углеводородов и шести альтернативных хладагентов. Также рассчитываются свойства 11-ти смесей, используемых в технике низких температур.

Выполнен анализ термодинамического поведения смеси в состоянии фазового равновесия, при этом были построена p, T, x -диаграмма зависимости давления смеси от температуры и состава. Оценена эффективность этой смеси как хладагента, для чего были рассчитаны значения холодильного коэффициента и объёмной холодопроизводительности цикла одноступенчатой холодильной установки при использовании смеси четырёх составов (0,2; 0,4; 0,6 и 0,8 мольной доли R32) в качестве рабочего тела.

По уравнению состояния рассчитаны таблицы значений плотности, энтальпии и энтропии смеси для интервалов температур 240–400 К и давлений 0,1– 40 МПа. Уравнение состояния и таблицы термодинамических свойств смеси могут быть рекомендованы для расчёта холодильных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Недоступ В.И., Недоступ О.В. Журн. физ. химии. – 2006. Т. 80. – № 8. – С.1392–1395.
2. Reuck K.M., Armstrong V. Cryogenics. 1979. V. 19. – No.9. P. 505–512.
3. О. А. Вассерман, Д. В. Фомінський Термодинамічні властивості альтернативних холодоагентів R32 і R125. – Одеса : Видавництво ОНМУ. – 2002. – 256 с..
4. Вассерман А. А., Козловский С. В., Мальчевский В. П. // Технические газы. 2010. – №6. – С. 50–58.

ОЦЕНКА УТИЛИЗАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Горбов В.М.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Карнов М.А.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова,
Херсонский филиал (Украина)

Митенкова В.С.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Введение. Энергетические установки на базе топливных элементов (ТЭ) все шире применяются на транспортных средствах и в стационарных установках для производства экологически чистой электрической энергии. Электрохимические энергоустановки (ЭХЭУ) на базе ТЭ различных типов используются и в составе судовых энергетических установок в качестве основных или вспомогательных источников энергии, заменяя традиционные на дизельных двигателях.

Актуальность. Большинство топливных элементов работает на чистом водороде или синтез-газе с «выхлопом» в виде воды или смеси воды и диоксида углерода, которые являются единственными продуктами электрохимической реакции окисления водорода кислородом. В зависимости от типа ТЭ температура продуктов реакции на выходе может лежать в пределах 40...1050 °С. При относительно больших объемах воды/водяного пара или их смеси с CO₂ актуальным является вопрос утилизации, генерируемой низко- и высокопотенциальной тепловой энергии.

Постановка задачи. Основной задачей исследования являлась оценка утилизационного потенциала электрохимических энергоустановок при применении их на судах с учетом специфики судовых потребностей.

Результаты исследования. Основными продуктами реакции ТЭ в зависимости от рабочей температуры являются горячая вода, водяной пар, парогазовая или газоводяная смесь (H₂O и CO₂). Кроме того, отдельно из ТЭ отводятся непрореагировавшие синтез-газ, водород и воздух или кислород (если окислитель подается в чистом виде), температура которых также зависит от типа топливных элементов. Образовавшиеся энергетические потоки можно использовать для технологических нужд самой электрохимической энергоустановки или утилизировать (полностью или частично).

Возможные варианты утилизации низко- и высокотемпературных потоков в судовых условиях следующие:

- газовые смеси можно напрямую или с предварительным дожиганием в каталитических камерах сгорания подавать в приводные газовые турбины компрессоров или в газотурбогенераторы для выработки дополнительного количества электрической энергии;
- горячую воду можно использовать для опреснения морской воды в адиабатных опреснительных установках, в водоводяных теплообменниках для подогрева горячей воды хозяйственно-бытового назначения, в системах кондиционирования;
- водяной пар и парогазовую смесь можно использовать для подогрева топлива, направлять в утилизационные паротурбогенераторы или пароводяные теплообменные аппараты.

Для оценки целесообразности реализации тех или иных утилизационных схем на начальном этапе необходимо провести количественную и качественную оценку вторичных энергоресурсов (ВЭР). В данном исследовании приведены результаты количественной оценки ВЭР электрохимических энергоустановок с ТЭ мощностью от

100 кВт до 1 МВт, працюючими на чистому водороді є єдиним продуктом реакції в формі води (в рідкому або газоподібному стані). Якісна оцінка проведена для щелочних паливних елементів (alkaline fuel cell – AFC) і фосфорнокислих (phosphoric acid fuel cells – PAFC). Результати розрахунків наведені на рис. 1-6.

Відповідно до технічних характеристик, заявлених виробниками, при розрахунках напруга однієї комірки ТЕ приймається 0,7 В (при паралельній установці комірок в батарею потужність і напруга сумуються), коефіцієнти використання водороду і кисню приймаються 0,8 і 0,6 відповідно. Розрахунок кількості утворюючогося H_2O проводився на основі стехіометричних коефіцієнтів хімічного рівняння. Вміст води в повітрі, подаваному в ТЕ, не враховувався, густина повітря приймається при температурі 20°C.

Кількісна оцінка показала, що удільна маса води/водяного пару становить від 48 до 483 кг/ч (рис. 3), при подачі водороду в ТЕ від 6,7 до 67 кг/ч і об'ємі повітря від 250 до 2500 м³/ч (рис. 1-2). Знаючи подачу водороду і повітря можна визначити масу і об'єм запасів палива (буде залежати від способу зберігання H_2) і потужність, споживану надувачем компресором.

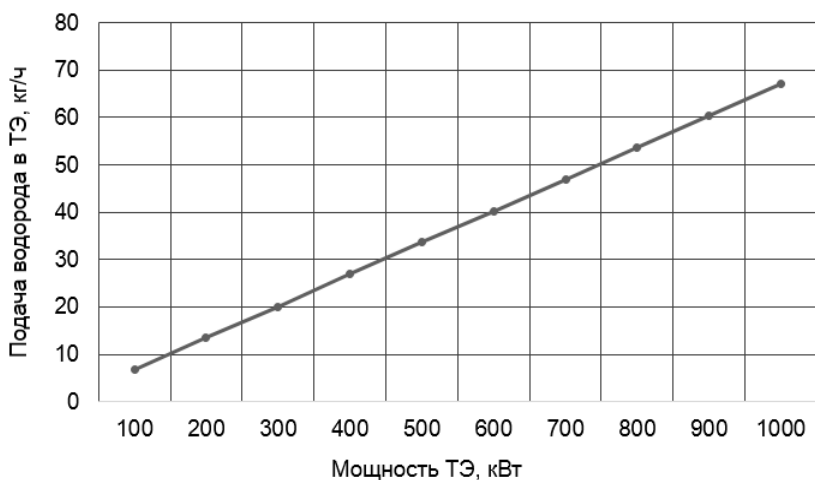


Рисунок 1 – Залежність витрати водороду від потужності ТЕ

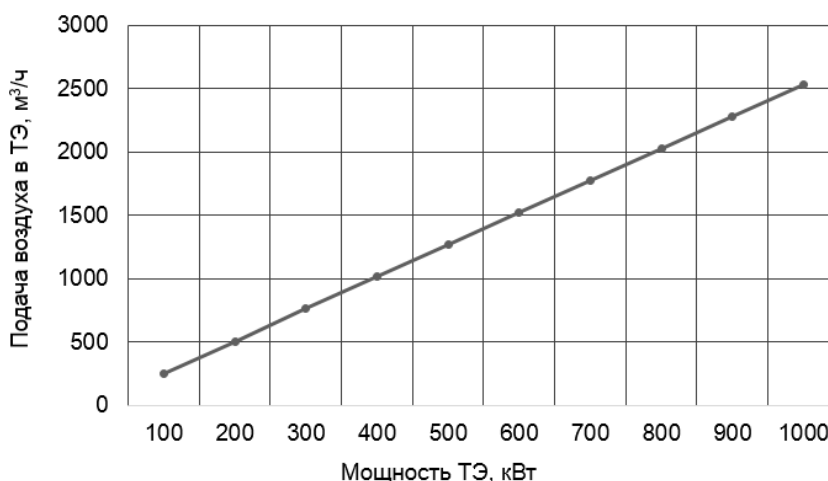


Рисунок 2 – Залежність витрати повітря від потужності ТЕ

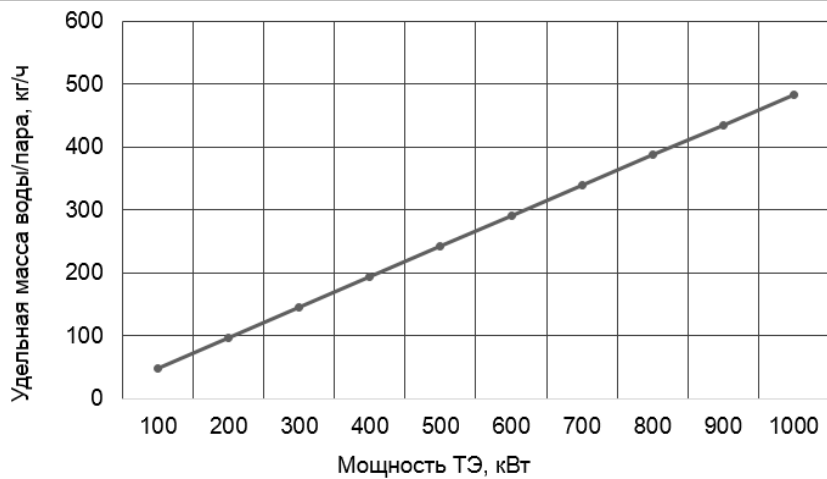


Рисунок 3 – Количество образующейся воды/пара в зависимости от мощности ТЭ

Температура воды в АФС составляет 70...95 °С, рабочее тело при такой температуре можно использовать для получения пресной воды в адиабатных опреснительных установках или для подогрева воды на хозяйственно-бытовые нужды. Для обоих случаев температура греющей воды на входе/выходе принималась 95°С и 60°С, соответственно.

Как видно из рис. 4 за счет утилизации ВЭР можно получить до 300 кг пресной воды в сутки. Опреснительные установки обычно предусмотрены на судах с автономностью плавания свыше 5 суток (I категория согласно классификации «Санитарных правил и норм для морских судов»). Минимальные нормы водопотребления на судах I категории составляют 150 л/сутки. Т.е. при установке ЭХЭУ на базе АФС мощностью 1 МВт за счет утилизации ВЭР можно обеспечить суточные потребности в пресной воде только для двух человек.

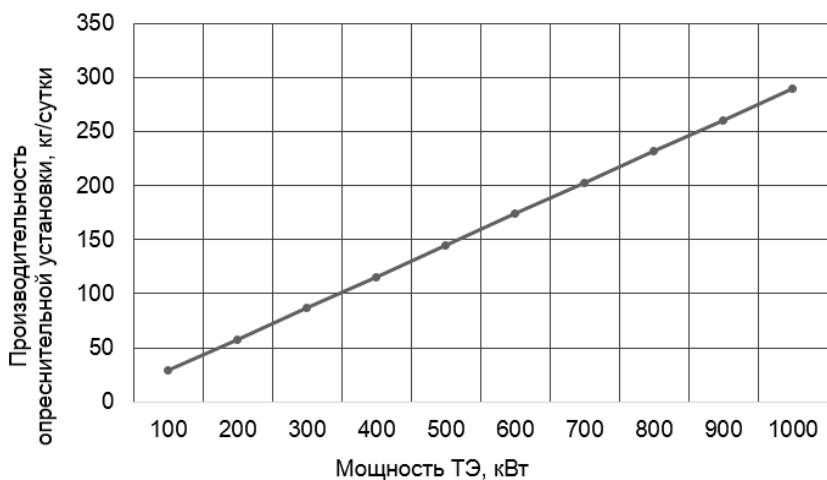


Рисунок 4 – Потенциальный суточный объем пресной воды, который можно получить в опреснительных установках

При использовании воды после ТЭ в качестве греющей среды в водоводяном теплообменнике можно получить до 380 кг/ч горячей воды (или до 9 т/сутки – рис. 5), что полностью удовлетворяет суточные потребности для хозяйственно-бытовых нужд на грузовых судах или пассажирских с небольшим количеством пассажиров или при их кратковременном пребывании на борту судна (паромы).

Также ВЭР при таких параметрах можно использовать для подогрева высоковязких топлив (вариант судовой энергетической установки, когда главные двигатель – дизельный, а ЭХЭУ входят в состав судовых электростанций) или для подогрева содержимого цистерн нефтесодержащих вод. Если позволяет технические возможности при необходимости данную воду можно использовать в качестве теплоносителя в системе водяного отопления судовых жилых помещений.

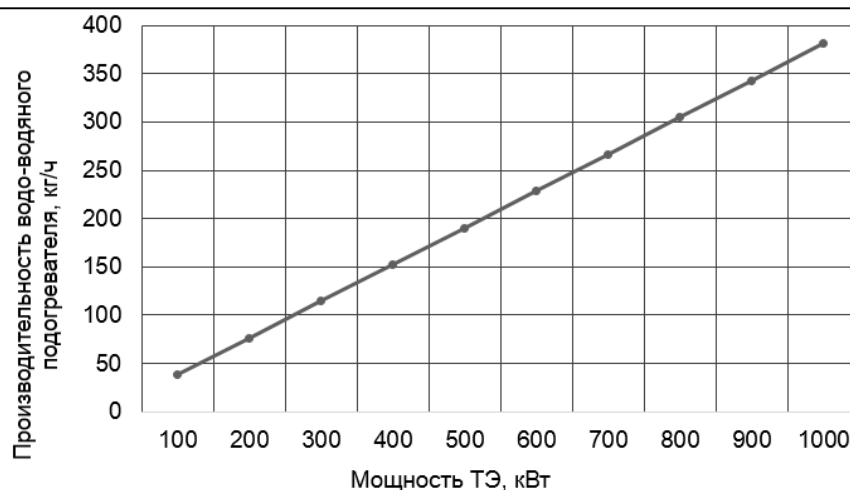


Рисунок 5 – Потенциальный часовой объем горячей воды, который можно получить в водоводяных теплообменных аппаратах

Температура пара на выходе в ЭХЭУ на базе RAFC составляет 200...210°C. При использовании этого пара в утилизионных паровых турбинах (УПТ) с конечным давлением отработавшего пара 0,01 МПа дополнительно можно получить до 50 кВт дополнительной электрической энергии (рис. 6). Расчеты показали, что при использовании ЭХЭУ на базе высокотемпературных ТЭ с «выхлопом» в виде перегретого пара 600...950°C дополнительно можно получить до 150 кВт электроэнергии при установленной мощности ЭХЭУ в 1 МВт.

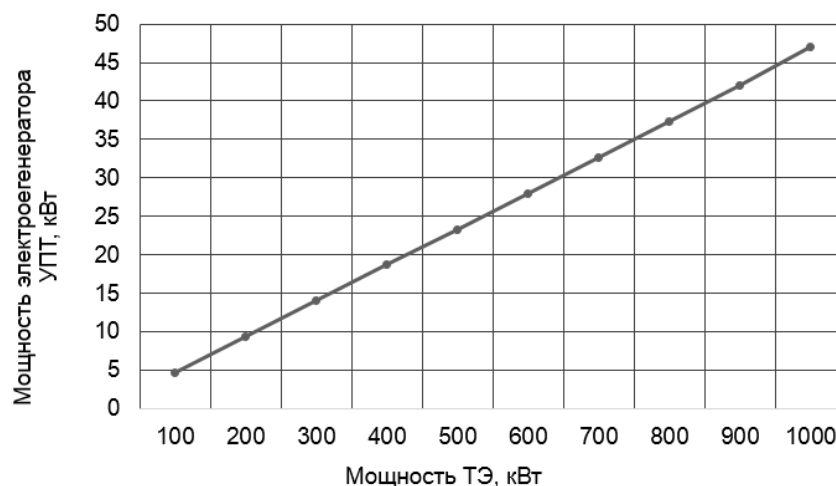


Рисунок 6 – Потенциальное количество электроэнергии, которое можно получить в УПТ

Выводы. При применении на судне ЭХЭУ на базе низкотемпературных ТЭ в качестве основного способа утилизации образующейся горячей воды целесообразно выбирать схемы, включающие подогрев горячей воды на хозяйственно-бытовые нужды в водоводяных теплообменных аппаратах. Использование воды в качестве теплоносителя в адиабатных опреснительных установках не позволит обеспечить потребности экипажа в пресной воде согласно существующим нормам водопотребления на судах.

Схемы на основе утилизионных паротурбогенераторах позволяют получить дополнительно до 50 кВт электроэнергии в среднетемпературных ТЭ (температура пара на выходе – 200...210°C) и до 150 кВт – в высокотемпературных ТЭ (600...950°C) при мощности ЭХЭУ до 1 МВт. Целесообразность установки такого оборудования требует дополнительных технико-экономических расчетов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев А.И. Термодинамический анализ реакций в химической технологии [Текст] / А.И. Алексеев, О.В. Кулинич, Л.П. Рамзаев, С. Юзвяк. – СПб: СЗТУ, 2003. – 135 с.
2. Дамаскин Б. Б. Электрохимия [Текст] / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. – М.: Химия, Колос, 2006. – 672 с.
3. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки [Текст] / Н.В. Коровин. – М.: МЭИ, 2005. – 208 с.
4. Benchouia N. Modeling and validation of fuel cell PEMFC [Text] / N. Benchouia and others // Revue des Energies Renouvelables. – 2013. – Vol. 16. – № 2. – P. 365-377.
5. CHEN LiMing, LIN ZhaoJia & MA ZiFeng. Process modeling of fuel cell vehicle power system // Chinese Science Bulletin. – 2009. – Vol. 54. – № 6. – P. 972-977.
6. Jee-Hoon Jung Dynamic Model of PEM Fuel Cell Using Real-time Simulation Techniques [Text] / Jee-Hoon Jung, Shehab Ahmed // Journal of Power Electronics. – 2010. – Vol. 10. – № 6. – P. 739-748.
7. Tae Seok Lee, J.N. Chung, Yen-Cho Chen. Design and optimization of a combined fuel reforming and solid oxide fuel cell system with anode off-gas recycling [Text] // Energy Conversion and Management. – 2011. – Vol. 52. – P. 3214-3226.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕВОДА СУДОВ РЕЧНОГО ФЛОТА НА ВОДО-ТОПЛИВНУЮ ЭМУЛЬСИЮ

Данилян А.Г., Чимиур В.И., Найденов А.И.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. Речной флот Украины работает на легком – светлом топливе, которое при составлении чартер – партии составляет 70% и более ее конечной цены.

Над вопросом снижения бункеровочной составляющей как основной статьей расхода при транспортировке груза занимается большое количество людей. Возможно выделить два основных направления, таких как применение сжиженного природного газа (СПГ, англ. LNG – liquefied natural gas; преимущественно метан, CH_4) или водотопливной эмульсии (ВТЭ).

Преимущества применения СПГ значительно превышают применение ВТЭ на современном этапе развития обеих технологий. Применение СПГ решает проблему со снижением транспортных расходов и полным обеспечением экологической безопасности морских и речных перевозок.

Существует ряд проблем препятствующих широкому применению этой технологии повсеместно уже сейчас:

- обновление флота, поскольку рациональнее было бы переходить на метан только на новостроящихся судах;
- несмотря на перспективность использования метана на флоте, строительство бункеровочных объектов не коснулось наших границ и сопредельных государств.

Актуальность исследования. Без использования ВТЭ перевод речного флота на тяжелые сорта топлива практически невозможен, это связано с установкой громоздкого и энергоемкого оборудования для топливоподготовки тяжелых сортов топлива.

Конструкция системы топливоподдачи с включенным в себя гомогенизатором незначительно отличается от стандартной. Тем самым снижает сложность переоборудования.

В отличие от обезвоженного топлива ВТЭ, обладает большей теплоемкостью и большим коэффициентом теплопередачи, поэтому прогрев капель, после распыливания осуществляется с такой же скоростью как и обезвоженного топлива. Размером глобул воды определяется количество потенциальной энергии, которой обладает частица, следовательно, для разрушения такой частицы необходимо затратить определенное количество энергии.

Момент измельчения капли топлива приближается к фазе интенсивного испарения, что создает благоприятные условия для ускорения предпламенных процессов. На поверхности глобул воды ВТЭ сосредотачиваются наиболее тяжелые фракции высоковязкого топлива, обладающие наибольшим количеством кинетической энергии, поэтому они концентрируются на внешней поверхности распыливаемого факела. Таким образом, высоковязкие фракции отделяются от легких фракций, и затем интенсивно распыливаются до высокодисперсного состояния в воздушном заряде. Высокодисперсные частицы, равномерно, с высокой скоростью перемещаются в камере сгорания, взаимодействуя с соседними частицами, разрушают асфальтные смолистые соединения.

Водная фаза гомогенного топлива частично диссоциирована а в дальнейшем с повышением температуры при активизации сгорания ионная реакция диссоциации воды принимает ускорение. Полученный избыток атомов водорода при диссоциации замещает затраченную энергию на процесс диссоциации воды. Участие полученного водорода в процессе диссоциации увеличивает количество продуктов сгорания.

Сам процесс горения имеет видоизмененный характер по тому что в начальном процессе гомогенизации на молекулярном уровне создаются легкие газовые дистиллятные

фракции при этом высокая степень дисперсности фракций дают наилучшее смещение топлива с зарядом воздуха а значит при этих условиях ускоряется начало воспламенения топлива в процессе горения. В рабочем органе гомогенизатора происходит интенсификация кавитационного процесса следствием которого, при бомбардировки гидротоков после процесса захлопывания газовых пузырьков и замещения пустот ими происходит высвобождение тепловой и кинетической энергии позволяющей диссоциировать начальную ВТЭ на кислород (O) и водород (H) что дает при сгорании смеси повышение (ускорение) термо-химической реакции в камере сгорания.

Результаты исследований. Существует закономерность, от снижения вязкости ВТЭ около 20 – 25%, снижение температуры смеси при нагревании не произойдет, необходимо будет греть смесь для достижения диапазона вязкости перед ТНВД 10-15 сСт с теми же затратами энергии, что и для тяжелого топлива IFO 380. Здесь необходимо использовать энергию внутреннего контура главных двигателей 70-80 С для подготовки ВТЭ с дальнейшим подогревом в электрическом топливонагревателе с доведением до заданной вязкости. Перевод работы флота на ВТЭ в конечном счете снизит фрахтовую ставку за тонну перевезенного груза из порта «А» в порт «В». Приведем пример конкретного расчета перевозки одной тонны железорудного концентрата из п. Измаил до п. Линц (Австрия) судами Украинского Дунайского пароходства по объявленной фрахтовой ставке – 32\$. Рассмотрим использование топлива марки IFO 380 в ВТЭ: $1000 - 700 = 300\$$, удешевление фрахтовой ставки без расходов на подготовку ВТЭ, составит 30%, $32 \times 0,3 = 9,6 \$$, отсюда новая фрахтовая ставка будет: $32 - 9,6 = 22,4\$$. [2]

Выводы. Как показали проведенные исследования расход топлива в судовых дизелях, с переводом на ВТЭ, снижается на 10-15%, в котлоагрегатах на 8-10%. Кроме того в энергетических установках, работающих на водно-топливной эмульсии, кроме снижения расхода топлива, достигается значительное улучшение экологических характеристик уходящих газов. В дизелях, работающих на ВТЭ с водосодержанием 17-30%, эмиссия NO_x уменьшается на 30-37%, SO_2 на 50%, H_2S и несгоревших углеводородов в несколько раз[3].

Перевод двигателей на ВТЭ речного флота Украины имеет под собой определенные сложности связанные с повышением мощности судовых электростанций несмотря на то, что эти затраты в десятки раз ниже, чем переход на двигатели Dual Fuel.

Режимы маневрирования судов и работа на малых оборотах, потребует дальнейшего изучения процессов наполнения заряда и сгорания ВТЭ в цилиндре двигателя для обеспечения безопасности мореплавания.

ЛИТЕРАТУРА

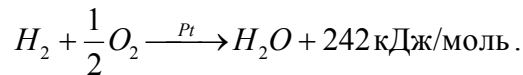
1. Сеземин, А. В. Уменьшение выбросов оксидов азота серийного судового двигателя путем организации рабочих процессов [Текст] : дис. ... канд. тех. наук / А. В. Сеземин. – М., 2014. – 145 с.
2. Данилян, А.Г. Не упустить время, не потерять богатства [Текст] / А. Г. Данилян // Транспорт – 2013. - №11. – С.65-68
3. Андриященко, С. П. Уменьшение выбросов оксидов азота с отработавшими газами судовых дизелей посредством применения эмульсии дизельного топлива с водой [Текст] : дис. ... канд. тех. наук / С. П. Андриященко. –М.,2014. -129 с.
4. Оборудование для корабельного топлива [Электронный ресурс]- Режим доступа : \WWW/ URL: [http:// afuelsystems.com/ru/trga/s164.html](http://afuelsystems.com/ru/trga/s164.html) - 16.03.2015 г. – Загл. с экрана.
5. Эффективность применения водно-топливной эмульсии (ВТЭ) в дизельных двигателях [Электронный ресурс] - Режим доступа: \WWW/ URL: [http:// vortexfuel.com.ua/burning.html](http://vortexfuel.com.ua/burning.html) - 20.03.2015 г. - Загл. с экрана.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ ВОДОРОДА В ВОЗДУХЕ НА ПЛАТИНОВОЙ ПРОВОЛОКЕ

Калугин В.В., Калинин В.В., Черненко А.С., Федоренко А.В.
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова
(Украина)

Введение. Использование катализаторов платиновой группы для определения малых содержаний горючих газообразных веществ (NH_3 , CO , H_2 и др.) в воздухе является в наше время актуальной задачей. В основе лежит использование зависимости мощности химического тепловыделения или температуры катализатора от концентрации горючего вещества в воздухе [1-3]. Для определения содержания водорода требуется незначительная его доля в воздухе. При его каталитическом окислении характерно наличие термодиффузии, которая способствует диффузии водорода к поверхности катализатора.

Формально гетерогенно-каталитические реакции окисления малых примесей водорода в воздухе на платиновом катализаторе представим в виде термохимического уравнения:



Целью данной работы стало исследование устойчивых стационарных высокотемпературных и критических условий каталитического самовоспламенения и погасания водорода в воздухе на проволоке катализатора, нагреваемой электрическим током.

Высокотемпературное каталитическое окисление (горение). В этих режимах скорость гетерогенной каталитической реакции достаточно высока. Она определяется диффузией активного компонента к поверхности проволоки.

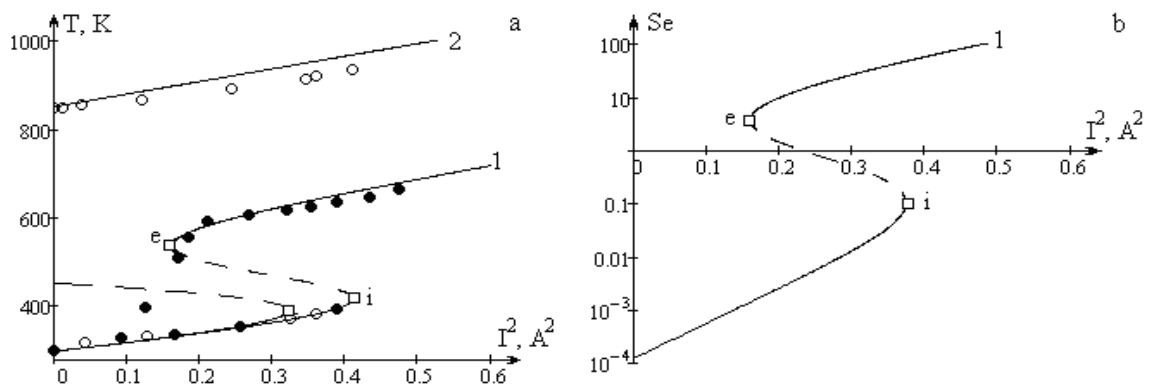


Рисунок 1 – Зависимость а) стационарной температуры и б) сопротивления платиновой проволоки диаметром 100 мкм и длиной 108 мм, в) тепловых потоков и д) числа Семенова от квадрата силы нагревающего тока для примеси водорода в воздухе. 1 и 2 – расчет по (4). Эксперимент [4] ● – $Z_{\text{H}_2\text{v}1} = 1.3\%$, ○ – $Z_{\text{H}_2\text{v}2} = 2.75\%$. Скорость потока холодной смеси $U = 0.16$ м/с, $T_g = 293$ К. Точка i – критическая точка каталитического самовоспламенения газов ($I_{i1}^2 = 0.374$, $T_{i1} = 412$ К, $Se_{e1} = 0.1$; $I_{i2}^2 = 0.314$, $T_{i2} = 390$ К, $Se_{e1} = 0.04$), точка e – критическая точка каталитического погасания газов ($I_{e1}^2 = 0.161$, $T_{e1} = 528$ К, $Se_{e1} = 3.7$).

Для анализа стационарных состояний рассмотрим условие стационарности в виде зависимости квадрата силы тока от стационарной температуры тонкой проволоки катализатора (теплообмен излучением мал) при постоянной концентрации водорода в воздухе

$$I^2 = \frac{\pi^2 d^3}{4\eta} \left(\beta c_g \rho_g Le^{-1+m} (T - T_g) - Z_{H_2} (1 + \psi_T) Q_{H_2} k \rho_{gs} \left(1 + \frac{k \rho_{gs}}{\beta \rho_g} \right)^{-1} \right). \quad (1)$$

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad \psi_T = A_T (1 - n) \frac{(T - T_g)}{T} Le^m, \quad A_T = \frac{(M_g - M_{H_2})(1 - Z_{H_2v})}{M_g(1 - Z_{H_2v}) + M_{H_2} Z_{H_2v}}$$

Здесь ψ_T – поправка на термодиффузию, M_{H_2}, M_g – молярные массы активного компонента и газа, кг/моль, $n+1$ – показатель степени в температурной зависимости коэффициента диффузии активного компонента, Le – число Льюиса, Z_{H_2v} – объемная доля активного компонента в смеси.

Расчеты проводились при следующих значениях параметров для водородно-воздушной смеси: $E = 55$ кДж/моль, $k_0 = 0.8 \cdot 10^6$ м/с, $Q_a = 120.9$ МДж/кг H_2 , $D_{a0} = 0.6 \cdot 10^{-4}$ м²/с, $m = 0.33$, $n = 0.75$.

Критические точки **i** и **e** (экстремумы на зависимости силы тока от температуры катализатора), соответствуют каталитическому воспламенению и погасанию газов [5].

При повышении силы нагревающего тока, температура катализатора увеличивается (рис. 1). При достижении силы тока и температуры катализатора критических значений (точка **i**, каталитическое воспламенение) происходит скачкообразный переход на высокотемпературную ветвь. Дальнейшее увеличение силы тока приводит к плавному росту температуры катализатора. Если на высокотемпературной ветви уменьшать силу тока, то температура будет уменьшаться. Когда I^2 и T уменьшатся до критических значений (точка **e**, каталитическое потухание) произойдет скачкообразный переход на низкотемпературную ветвь. При большей концентрации (рис. 2, кривая 2) переход на низкотемпературную ветвь невозможен. Даже при нулевом значении силы тока будет поддерживаться высокотемпературный режим за счет химического тепловыделения.

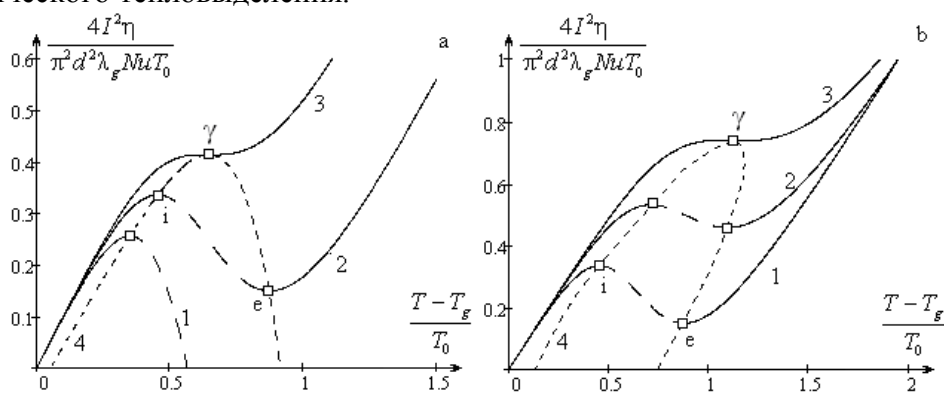


Рисунок 2 – Зависимость комплекса $\frac{4I^2\eta}{\pi^2 d^2 \lambda_g \mu T_0}$ от стационарной безразмерной температуры $(T - T_g)/T_0$ длиной платиновой проволоки в воздухе с примесью водорода. Температура среды 293 К. Скорость потока холодной смеси $U = 0.16$ м/с, $T_g = 293$ К: а) диаметр $d = 100$ мкм. Объемная доля водорода Z_{H_2v} : 1) 2.75 %, 2) 1.3 %, 3) 0.77 %; б) объемная доля водорода $Z_{H_2v} = 1.3$ %. Диаметр проволоки d : 1) 100 мкм, 2) 20 мкм, 3) 6 мкм; кривая 4 (мелкий пунктир) – спинопаль (3)

Таким образом, существует гистерезисная область тепломассообмена проволоки катализатора при каталитическом окислении примесей горючих веществ. На рис. 2 представлены зависимости безразмерного комплекса \tilde{I}^2 от стационарной безразмерной температуры катализатора $(T - T_g)/T_0$ при различных концентрациях горючего компонента и диаметрах проволоки катализатора:

$$\tilde{I}^2 = \frac{T - T_g}{T_0} - Z_{H_2} (1 + \psi_T) \frac{T_Q}{T_0} \frac{Se}{1 + Se}, \quad (2)$$

$$\tilde{I}^2 = \frac{4I^2\eta}{\pi^2 d^2 \lambda_g Nu T_0}, \quad T_Q = \frac{Q_{H_2}}{c_{pg}} Le^{1-m}, \quad Se = \frac{k\rho_{gs}}{\beta\rho_g} = \frac{d}{Sh} \frac{k_0\rho_{gs}}{D_{H_2}\rho_g} \exp\left(-\frac{T_E}{T}\right),$$

$$T_E = \frac{E}{R}.$$

Область под кривой 4 является гистерезисной областью: это совокупность параметров, соответствующих стационарным неустойчивым состояниям проволоки катализатора. Слева от нее расположены низкотемпературные стационарные состояния, справа – высокотемпературные.

Поиск экстремума на зависимости (2) $\partial\tilde{I}^2/\partial T|_{i,e} = 0$ и подстановка обратно в (2) позволяет построить спинопаль – кривую, проходящую через критические точки каталитического самовоспламенения и погасания примесей горючих газов на платиновой проволоке. Уравнение спинопали на рис. 2 представим в виде:

$$\tilde{I}^2|_{i,e} = \frac{T - T_g}{T_0} - \frac{T^2}{T_E T_0} \left(\frac{1 + Se}{1 + B_T} \right)|_{i,e}, \quad (3)$$

$$B_T = \frac{\psi_T}{(1 + \psi_T)} \frac{T T_g}{T_E (T - T_g)} (1 + Se).$$

Здесь коэффициент B_T определяет поправку на термодиффузию.

Уравнение спинопали для зависимости концентрации горючего вещества от стационарной температуры проволоки катализатора имеет вид:

$$Z_a|_{i,e} = \frac{T^2}{T_E T_Q} \frac{(1 + Se)^2}{Se} \cdot \frac{1}{(1 + B_T)}.$$

Обращаем внимание на вырождение критических условий при понижении концентрации горючего вещества в воздухе и диаметра катализатора (точка γ). Анализ показал, что в точке вырождения критических условий для тонких проволок катализатора коэффициент B_T мал. В этом случае параметры точки вырождения нетрудно получить при использовании еще одного условия $\partial\tilde{I}^2/\partial T|_\gamma = 0$:

$$\tilde{I}^2|_\gamma = \frac{T - T_g}{T_0} - \frac{T}{T_0} \cdot \frac{2T/T_E}{1 + 2T/T_E}, \quad Z_{H_2}|_\gamma = \frac{T^2}{T_E T_Q} \cdot \frac{4}{1 - (2T/T_E)^2},$$

$$d_\gamma| = \frac{D_{H_2} Sh}{k} \cdot \frac{1 - 2T/T_E}{1 + 2T/T_E}.$$

Полученные зависимости представляют собой связь параметров вырождения критических условий в параметрическом виде (параметр – температура катализатора).

Например, для платиновой проволоки диаметром 100 мкм значение концентрации водорода в воздухе, соответствующее вырождению, составляет около 0.052 массовых % (0.75 объемных %).

Использование безразмерных комплексов \tilde{T}^2 и $(T - T_g)/T_0$ удачно только для низкотемпературных режимов теплообмена (рис. 1b). Для обобщения критических условий и высокотемпературных режимов теплообмена катализатора необходимы другие безразмерные величины.

Выводы. Используя предложенный метод поиска критических условий теплообмена с учетом термодиффузии и аналогии Льюиса получены зависимости определяющие гистерезисную область теплообмена, области каталитического самовоспламенения и погасания малых примесей водорода в воздухе на тонкой платиновой проволоке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kalinchak V.V., Chernenko A.S. and Kalugin V.V. Influence of catalyst particle size on the critical conditions of catalytic oxidation of gases // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2014. – Vol. 87, № 2. – P. 325-332.
2. Kalinchak V.V., Chernenko A.S. and Kalugin V.V. Critical condition limits for the high temperature oxidation of gases on a catalyst particle // Kinetics and Catalysis. – 2014. – Vol. 55, No. 3. – P. 269–277.
3. Калинчак В.В., Черненко А.С., Софронков А.Н., Калугин В.В. Критические и устойчивые условия теплообмена частиц катализатора при гетерогенном окислении малых содержаний горючих и токсичных газообразных веществ // Науковий вісник херсонської державної морської академії: Науковий журнал. – 2012. – №1. – С. 253-265.
4. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетики. – М.: Наука, 1987. – 491 с.
5. Калинчак В.В., Черненко А.С., Калугин В.В. Гистерезис вольтамперных и вольтконцентрационных зависимостей термохимических сенсоров // Физика аэродисперсных систем. – 2012. – № 49. – С. 31-38.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ В УКРАИНЕ

Кротик И.А., Митенкова В.С.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Введение. Выбросы промышленных предприятий в совокупности с выхлопными газами автомобильного транспорта накапливаются в воздушном пространстве городов, образуя в населенных пунктах смог. Существенную роль в формировании нижней части смога (в приземных слоях воздуха) играют выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, которыми преимущественно и оборудован автотранспорт. Ряд веществ, содержащихся в отработавших газах двигателей, крайне негативно воздействует на живые организмы, в т.ч. и на людей, вызывая различные заболевания.

Актуальность. Анализ возможности внедрения и оценка эффективности мероприятий, направленных на снижение токсичных выбросов автомобильным транспортом, даст возможность снизить экологическую нагрузку на окружающую среду со стороны данного антропогенного фактора, что, безусловно, является актуальной задачей, особенно для средних и крупных населенных пунктов.

Постановка задачи. На сегодняшний день существует достаточно большое количество технологических решений, позволяющих снизить негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду. Анализ и обоснование целесообразности использования тех или иных методов с учетом существующего в Украине законодательства и ряда других факторов даст возможность разработать практические рекомендации, направленные на снижение негативного экологического воздействия со стороны грузового и пассажирского автомобильного транспорта.

Результаты исследования. Одним из основных факторов, влияющих на экологию со стороны автотранспорта, является качество и количество потребляемого топлива. Снижение количества, потребляемого двигателями горючего, и использование более качественных его видов (в том числе и биотоплив) позволит существенно снизить суммарную токсичность выхлопных газов.

Также эффективными являются решения, направленные на контроль токсичности отработавших газов двигателей, качественное улучшение применяемых смазочных материалов, улучшение качества транспортных магистралей, дорог, улиц (состояние которых в Украине сейчас крайне неудовлетворительное), использование автомобилей с электродвигателями или на топливных элементах и т.д.

В автомобилях, оборудованных нейтрализаторами выхлопных газов, концентрация токсичных компонентов уменьшается до европейских требований. Повсеместное внедрение данных технологий на автотранспорте позволило бы существенно улучшить экологическую ситуацию в крупных городах Украины, что потребовало бы принятия и, самое главное, строго соблюдения соответствующих экологических норм. Препятствием на пути повсеместного использования подобных технологий в нашем государстве является относительно высокая стоимость нейтрализаторов и необходимость использования только сертифицированных топлив, иначе сложное электронное оборудование не сможет нормально функционировать и будет выходить из строя.

Важным критерием экономичности двигателя автомобиля наряду с обслуживанием и ценами на расходные материалы является расход топлива на единицу пройденного пути, т.е. уменьшение количества потребляемого горючего позволит повысить как экологическую, так и экономическую эффективность транспортного средства. Удельный вес топливных расходов в суммарных затратах на автоперевозки в Украине составляет в среднем более 30 %, хотя ранее не превышал 15-17% в зависимости от марки и состояния автомобиля.

Для различных видов автотранспорта выделяют свои группы факторов, которые наиболее существенно влияют на расход топлива, следовательно, и на экологическую и экономическую эффективность транспортного средства. Например, для автопоездов выделяют четыре подобных фактора, на которые расходуется значительная часть энергии работы двигателя:

- трение качения;
- аэродинамическое сопротивление;
- механические затраты энергии при передаче усилия от двигателя к ведущим колесам;
- расходы, связанные с работой вспомогательного оборудования (кондиционера, гидроусилителя, воздушного компрессора, генератора и т.д.).

Распределение затрат примерно составляет 55% на трение, 25% – на аэродинамическое сопротивление, 13% – на механические расходы, 7% – на работу вспомогательного оборудования. Затраты энергии на трение можно снизить за счет увеличения давления в колесах автопоездов за счет внедрения систем контроля и поддержки давления в шинах. Также уменьшение трения качения можно достигнуть путем изменения количества покрышек автопоезда, их размера, площади контакта резины с дорожным покрытием и т.д. По различным оценкам внедрение данных технологий позволит снизить затраты энергии на трение до 10 %. Снижения аэродинамических потерь до 30% можно добиться за счет использования новых материалов и конструкций боковых стенок полуприцепа, снизив лобовое сопротивление. Перспективными методами уменьшения механических потерь являются использование новых масел в трансмиссии и новых материалов при производстве и конструировании коробки передач и ведущего моста. Замена механического привода на электрический даст возможность уменьшить расходы энергии на работу вспомогательного оборудования. Кроме того, повышения эффективности работы двигателей до 10% можно добиться за счет оптимизации фаз газораспределения, использования новых систем подачи топлива в цилиндры. Суммарный эффект по снижению расхода топлива на автопоездах за счет внедрения вышеописанных технологий может составить до 23%.

Исследования Volvo Truck Corporation, связанные с изучением зависимости расхода топлива от условий движений, показали увеличение потребления горючего двигателями на 140% при движении транспорта в режиме «разгон-торможение» (т.е. езда с частыми остановками и регулярным чередованием разгонов и торможений), по сравнению с движением транспорта на том же отрезке пути без остановок хода. Выделение для грузового автотранспорта отдельных полос на городских дорогах, где можно было бы ездить с минимальным числом торможений, является еще одним перспективным методом снижения экологической нагрузки в городах, в т.ч. и для Украины.

Выводы. Для существенного уменьшения негативного влияния городского транспорта на окружающую среду необходимо внедрять эффективные конструктивные доработки на автомобили, регулярно проводить планово-профилактические работы, использовать высококачественные сертифицированные горюче-смазочные материалы, обеспечить высокое качество дорожного покрытия.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологія [Текст]: підручник / С.І. Дорогунцов, К.Ф. Коценко, М.А. Хвесик та ін. – К.: КНЕУ, 2005. – 371 с.
2. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения [Текст]: учебник / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М. : Транспорт, 2001 – 247 с.
3. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: учебник / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. - М.: Наука, 2001. – 535 с.

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ, ПРИВЛЕКАЕМЫМИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ляшенко Е.Н., Кирийчук Д.Л.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. Ежегодно в Украине возникают различного рода чрезвычайные ситуации (ЧС), которые приводят к гибели людей и наносят значительный материальный ущерб [1].

ЧС – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [2].

Каждая ЧС имеет свои причины возникновения и особенности, свой характер развития, масштаб распространения, по-своему воздействует на человека и его среду обитания. По причинам возникновения ЧС подразделяются на природные, техногенные, социальные и военные [3]. По масштабу распространения ЧС принято разделять на следующие уровни: государственный, региональный, местный и объектовый [3].

В табл. 1. приведены данные о ЧС, которые произошли на территории Украины в соответствующие периоды 2013 г. и 2014 г [1].

Таблица 1 – Данные о ЧС

<i>Данные о ЧС</i>	<i>9 месяцев 2013 года</i>	<i>9 месяцев 2014 года</i>	<i>Уменьшение (увеличение) количества ЧС, %</i>
Общее количество ЧС:	116	98	15,5 ↓
В том числе по причинам возникновения:			
Техногенного характера	56	55	1,8 ↓
Природного характера	50	38	24,0 ↓
Социального характера	10	5	50,0 ↓
В том числе по масштабу распространения:			
Государственного уровня	1	4	300,0 ↑
Регионального уровня	11	8	27,3 ↓
Местного уровня	45	37	17,8 ↓
Объектового уровня	59	49	16,9 ↓
Погибло людей вследствие ЧС	195	207	6,2 ↑
Пострадало людей вследствие ЧС	743	449	39,6 ↓
Материальный ущерб от ЧС, тыс. грн.	350588	197539	43,7 ↓

Согласно табл. 1 по сравнению с аналогичным периодом 2013 г. общее количество чрезвычайных ситуаций в 2014 г. уменьшилось на 15,5%, причем уменьшение количества ЧС наблюдается по всем видам ЧС. Увеличение на 6,2% количества погибших в ЧС в 2014 г. произошло за счет роста их доли в ЧС техногенного характера (ЧС, связанных с пожарами (взрывами) и ЧС вследствие внезапного разрушения зданий и сооружений, в том числе на угольных шахтах). За счет масштабности ЧС этого класса выросла и доля ЧС государственного уровня. По остальным видам ЧС наблюдается уменьшение количества погибших и пострадавших в них людей.

В условиях возникновения ЧС необходимо эффективное координационное управление силами и средствами, привлекаемыми для локализации зон и ликвидации последствий ЧС, с целью спасения жизней, сохранения здоровья людей, снижения ущерба

природной среде и материальных потерь, а также прекращения действия характерных для ЧС опасных факторов.

Таким образом, разработка системы координационного управления силами и средствами, привлекаемыми для ликвидации ЧС (СКУ ЧС) является важной и актуальной научно-практической задачей.

Цель статьи. Целью данной работы является описание концепции системы, предоставляющей различные механизмы и инструменты для осуществления эффективного координационного управления силами и средствами различных подразделений, входящих в состав Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС).

Основная часть. СКУ ЧС предназначена для решения следующих основных задач:

- 1) обработка информации о ЧС;
- 2) создание хранилища данных о ЧС, а также резервах материальных и финансовых ресурсов, необходимых для предотвращения и реагирования на ЧС;
- 3) прогнозирование и оценка социально-экономических последствий ЧС, определение на основе прогноза потребности в силах, средствах, материальных и финансовых ресурсах;
- 4) разработка планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС;
- 5) разработка маршрутов и расчет времени прибытия на место возникновения ЧС подразделений, входящих в состав ГСЧС Украины.

СКУ ЧС состоит из трех взаимосвязанных подсистем: подсистемы загрузки и хранения данных, подсистемы интеллектуального анализа данных (Data Mining) и подсистемы координационного управления (рис.1).

Основой подсистемы загрузки и хранения данных является хранилище данных (ХД). ХД – предметно-ориентированный, интегрированный, неизменяемый, поддерживающий хронологию набор данных, организованный с целью представления результирующей информации пользователям для статистического анализа и аналитических отчетов [4]. В ХД при помощи интерфейса управления загрузкой данных загружаются данные из внешних оперативных источников данных (ОИД).

К ОИД относятся следующие реляционные базы данных (БД): 1 – «Данные о ЧС», 2 – «Виды объектов ЧС», 3 – «Данные по ликвидации ЧС», 4 – «Данные о силах и средствах, привлекаемых для ликвидации ЧС», 5 – «Данные о территории и объекте, где произошла ЧС», 6 – «Данные по алгоритмизации реагирования на ЧС».

При загрузке информации из ОИД в ХД данные фильтруются. Многие из них не попадают в ХД, поскольку лишены смысла с точки зрения использования в процедурах анализа.

Информация в ОИД носит, как правило, оперативный характер, и данные, потеряв актуальность, удаляются. В ХД, напротив, хранится историческая информация.

Во время загрузки в ХД данные очищаются (удаляется ненужная информация) и приводятся к единому формату. После такой обработки данные занимают гораздо меньший объем.

Витрины данных (ВД) являются подмножествами данных из ХД, организованными для представления информации по тематическим разделам. Конечные пользователи имеют возможность доступа к детальным данным ХД, если данных в ВД недостаточно, а также для получения более полной информационной картины о ЧС.

Основная задача подсистемы интеллектуального анализа данных (Data Mining) – предоставление пользователям СКУ ЧС инструмента для выполнения анализа данных.

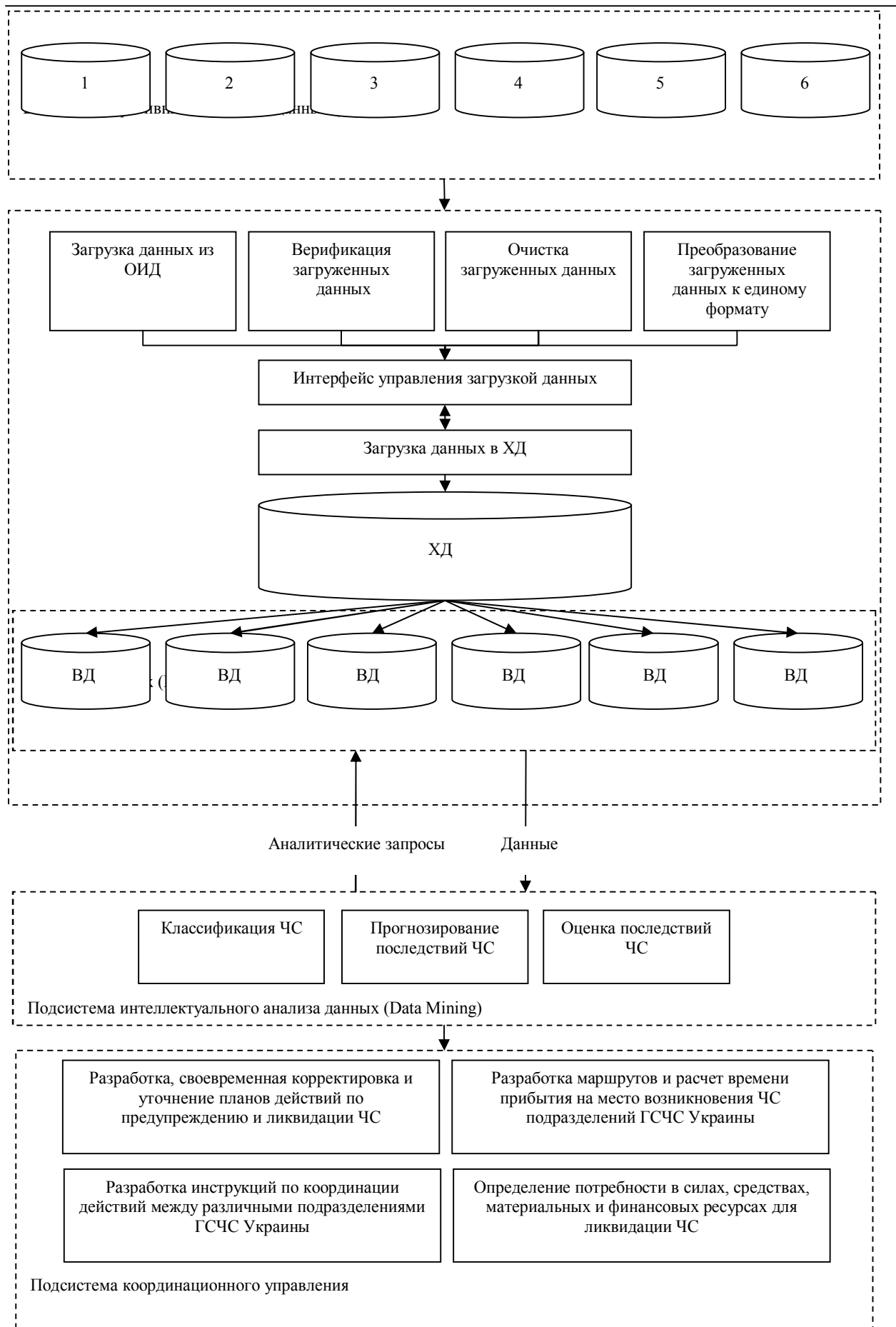


Рисунок 1 – Концептуальная структура СКУ ЧС

Подсистема не генерирует правильные решения, а только предоставляет пользователям данные в соответствующем виде (отчеты, таблицы, графики и т.п.) для изучения и анализа. По степени «интеллектуальности» обработки данных при анализе можно выделить три класса задач, которые решаются подсистемой: определение класса ЧС, прогнозирование и оценка социально-экономических последствий ЧС.

Подсистема координационного управления на основе данных, полученных из подсистемы интеллектуального анализа данных осуществляет: разработку, своевременную корректировку и уточнение планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС, разработку инструкций по координации действий между различными подразделениями ГСЧС Украины, разработку маршрутов и расчет времени прибытия на место возникновения ЧС подразделений ГСЧС Украины и определяет потребности в силах, средствах, материальных и финансовых ресурсах, которые необходимы для ликвидации ЧС.

Вывод. В статье приведено описание концептуальной структуры системы, предоставляющей различные механизмы и инструменты для осуществления эффективного координационного управления силами и средствами различных подразделений, входящих в состав ГСЧС Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Інформаційна довідка про надзвичайні ситуації, які сталися на території України протягом 9 місяців 2014 року [Електронний ресурс] // режим доступу: <http://mns.gov.ua/opinfo/7710.html>
2. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/[Л.А. Михайлов, В.П. Соломин, А.Л. Михайлов, А.В. Старостенко и др.]. – СПб: Питер, 2006. – 302 с.
3. Національний класифікатор «Класифікатор надзвичайних ситуацій» ДК 019:2010: надано чинності наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010 № 457 [чинний від 01.01.2011]. – К.: Держспоживстандарт України. – 2010. – 19 с.
4. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining/[Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И.]. – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 336 с.

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМИ «ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК – ДОРОГА – ПРИДОРОЖНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»

Матейчик В.П., Вайганг Г.О., Римарук К.В.

Національний транспортний університет

(Україна, м.Київ)

Вступ. Євроінтеграція є головним і незмінним зовнішньополітичним пріоритетом України, основою стратегії економічного та соціального розвитку України на наступне десятиріччя. Основними задачами цих процесів є питання підвищення рівня екологічної безпеки та зменшення негативного впливу діяльності людини на довкілля.

Транспортні потоки (ТП) є суттєвим джерелом забруднення навколишнього середовища і створюють одну з найважливіших екологічних проблем, яка характеризується значним негативним впливом на екосистеми та здоров'я населення через потрапляння у довкілля значних обсягів забруднюючих речовин (ЗР) [1].

Актуальність досліджень. Транспортні потоки чинять багатокомпонентну дію на довкілля, підвищуючи екологічний ризик – вірогідність навмисних або випадкових, поступових та катастрофічних антропогенних змін існуючих природних об'єктів, факторів та екологічних ресурсів. Процеси забруднення придорожного середовища ТП потребують постійного спостереження та контролю. Розроблено багато комп'ютерних програм, але в багатьох випадках це вузькоспеціалізовані комплекси, які ведуть спостереження за обсягами транспортних засобів (ТЗ), але не оцінюють їх вплив на складові біосфери.

Отже, актуальним є питання створення системи моніторингу забруднення придорожного середовища транспортними потоками з використанням сучасних апаратних та програмних засобів, які дозволять проводити постійний контроль за станом довкілля та оцінювати ефективність рішень, спрямованих на підвищення рівня екологічної безпеки.

Постановка задачі. Створення автоматизованих засобів моніторингу забруднення неможливо без використання геоінформаційних систем (ГІС) та технологій. Метою роботи є розробка програмного комплексу оцінювання рівня екологічної безпеки системою «транспортний потік – дорога – придорожнє середовище», який враховує параметри діагностики окремих ТЗ в потоці та дозволяє аналізувати рівень забруднення придорожного середовища на основі як аналітичних так і графічних звітів. Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання як розробка алгоритму системи моніторингу забруднення придорожного середовища ТП; інтегрування діагностичних звітів до інформаційно-аналітичної системи оцінювання забруднення придорожного середовища транспортними потоками, а також аналіз методів та засобів оцінювання рівня екологічної безпеки системи «транспортний потік – дорога – придорожнє середовище».

Результати досліджень. Створення єдиного інформаційного простору з врахуванням вимог ЄС сприяло вирішенню задач моніторингу забруднення довкілля за допомогою сучасних апаратних та програмних засобів діагностування параметрів окремих транспортних засобів в режимі їх експлуатації, аналізу та прогнозування рівня екологічної безпеки. Функціональну задачу створення єдиного інформаційного простору, у якому інформація, отримана з різних джерел, інтегрується на просторовій основі, було покладено в структуру розробленої системи моніторингу забруднення ПС з використанням геоінформаційних систем.

Моніторинг придорожного середовища транспортними потоками здійснюється з програмним комплексом, який розроблено з використанням сучасних систем програмування, баз даних та Інтернет-технологій. В основу комплексу покладено «Методику оцінювання інгредієнтного та параметричного забруднення придорожного

середовища транспортним потоком». Створений комп'ютерний засіб являє собою Інтернет-ресурс для оцінювання та аналізу забруднення навколишнього середовища транспортними потоками з врахуванням категорії транспортних засобів, їх екологічного класу, виду використовуваного палива, режиму руху, інтенсивності транспортного потоку та дорожніх умов.

Алгоритм програмного комплексу оцінювання рівня екологічної безпеки системи «транспортний потік – дорога – придорожнє середовище» складається з чотирьох модулів: введення даних, довідникової системи, блоку визначення інгредієнтного та параметричного забруднення та блоку оцінювання рівня екологічної безпеки (рис. 1).

Програмний комплекс реалізовано за моделлю «клієнт–сервер», тому переважна більшість операцій відбувається на сервері. Це робить її універсальною, звільняє користувачів від потреби розміщувати в себе необхідне для роботи програмне забезпечення. Варто зазначити, що процес передачі інформації між клієнтом і сервером та інтерфейс представлення цих даних побудовані за загальноприйнятими світовими стандартами, що дає змогу використовувати обчислювальну техніку з різною архітектурою.

На програмному рівні система являє собою набір скриптових команд мовами PHP та JavaScript. Переважну більшість операцій виконує інтерпретатор PHP: приймає дані від клієнта, їх опрацьовує та відсилає. Деякі прості операції виконуються в браузері клієнта – інтерпретація команд JavaScript. Це вимагає від клієнта наявності цього інтерпретатора. Але опрацювання скриптів клієнтом також є світовим стандартом для браузерів. До того ж модулі, які виконуються у клієнта, є прості, впливають в основному на зручність і ніяк не впливають на працездатність системи загалом. Для обміну даних з клієнтом використовується Web-сервер Apache. Він забезпечує надійний та безперебійний доступ великої кількості клієнтів до інтерактивної системи. Не зважаючи на те, що він призначений для роботи із статичними даними, поєднання з інтерпретатором PHP створює безмежні можливості в опрацюванні та представленні клієнту різноманітних динамічних даних [2, 3].

Сучасні пакети інженерного аналізу зазвичай мають модульну структуру, обов'язково графічний інтерфейс і інтерпретатори текстових команд, що надають користувачеві набір зручних інструментів для управління формуванням віртуальної моделі, проведенням розрахунків і відображенням отриманих результатів.

Основу комплексної оцінки та прогнозування складає інформаційна база даних. СУБД MySQL дає можливість зберігати та швидко опрацьовувати велику кількість інформації. Вся динамічна інформація системою зберігається в таблицях бази даних в реляційній структурі, поділена за багатьма різноманітними ознаками (дата, час, регіон, тип тощо), що дає клієнту змогу швидко отримувати саме ту інформацію, яка йому необхідна. База даних програмного комплексу оцінювання складається з таблиць, які містять поточну динамічну інформацію (введення); апіорну статичну інформацію для виконання розрахунків та вихідну інформацію для оцінювання та аналізу рівня забруднення [4].

Програмний комплекс має простий та зручний інтерфейс для роботи в будь-якій операційній системі за допомогою браузера. Робота користувача, який має можливість вносити, редагувати та видаляти дослідну інформацію, є функцією адміністратора даного програмного забезпечення. Якщо системою скористувався випадковий відвідувач Інтернету, то він може працювати в режимі гостя і мати можливість тільки переглядати довідникову інформацію та результати дослідження.

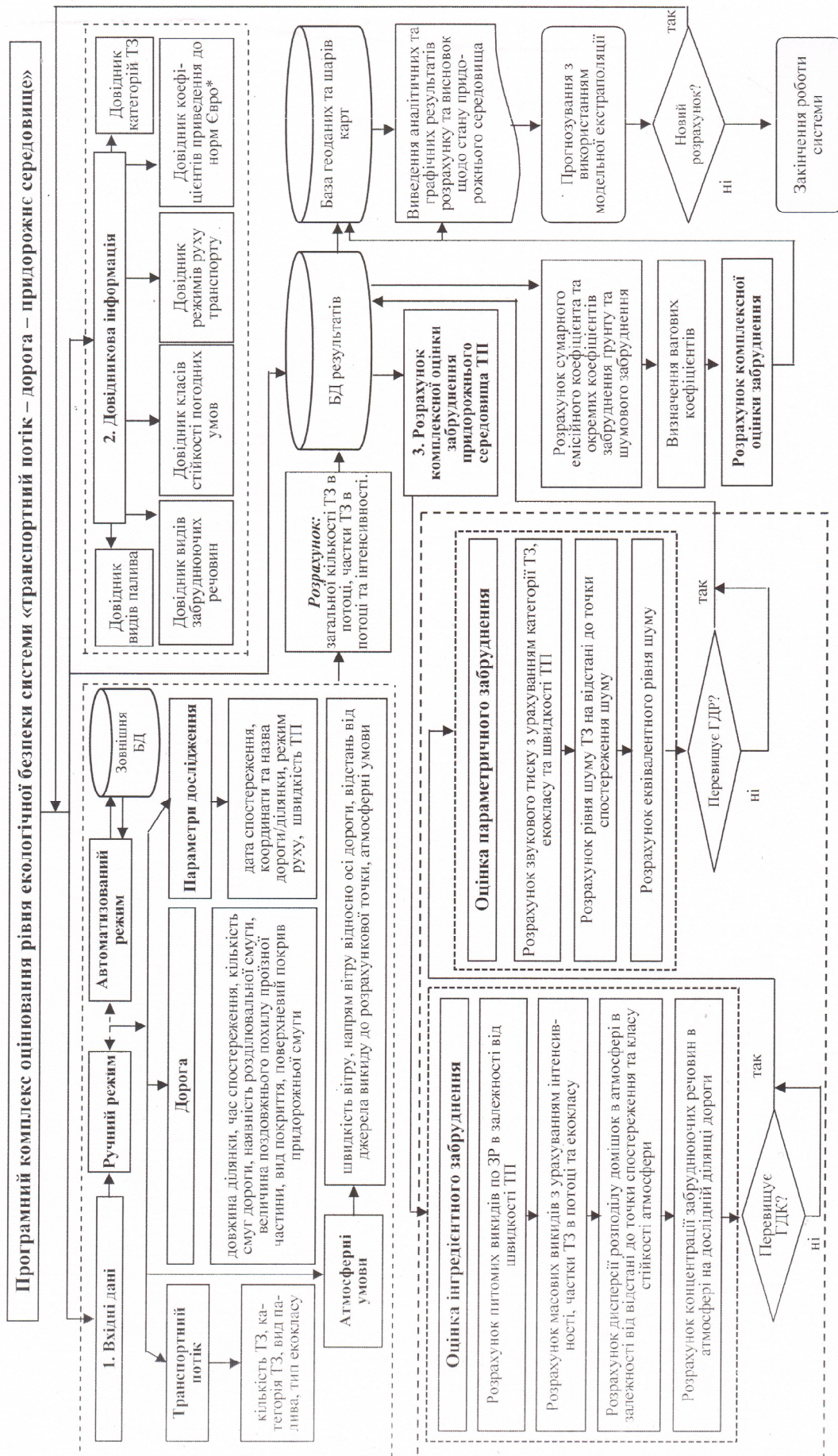


Рисунок 1 – Алгоритм програмного комплексу оцінювання рівня екологічної безпеки системи «транспортний потік – дорога – придорожнє середовище»

Відповідно до вимог поставленої задачі та принципів універсальності та простоти використання було запропоновано та реалізовано ГІС технологію з відкритим кодом. Можливості відкритих ГІС відбивають сучасну тенденцію зменшення залежності користувача програмного забезпечення від розробника, а також користувачеві відкритих геоінформаційних систем гарантована можливість внесення необхідних йому змін самостійно.

Базою для проведення просторового аналізу було обрано он-лайн сервіс Google Maps. Таким чином, програмний комплекс оцінювання рівня екологічної безпеки системи «транспортний потік – дорога – придорожнє середовище» дозволяє отримувати як аналітичну, так і графічну інтерпретацію результатів розрахунку (рис. 2).



Рисунок 2 – Візуалізація результатів дослідження

Розробка тематичних карт забруднення дозволяє аналізувати динаміку розсіювання забруднюючих речовин та прогнозувати зміни екологічного стану системи в залежності від вибору режимів та елементів системи «транспортний потік – дорога – придорожнє середовище».

Висновки. Інтенсивний розвиток інформаційних систем та технологій дозволяє вдосконалювати системи моніторингу забруднення довкілля. Розроблений програмний комплекс оцінювання рівня екологічної безпеки системи «транспортний потік – дорога – придорожнє середовище» дає можливість розширювати спектр задач та способів забезпечення екологічної безпеки, додавати та удосконалювати окремі модулі для прогнозування, аналізу та прийняття рішення щодо поліпшення екологічної ситуації на автошляхах України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трофименко Ю.В. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю.В. Трофименко, Г.И. Евгеньев; под ред. Ю.В. Трофименко. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 400 с.
2. Паращук Е.М. Автоматизированная система мониторинга воздушной среды как информационная поддержка принятия управляющих решений : дис... канд. техн. наук : 05.13.06 / Елена Михайловна Паращук. - Белгород, 2014. – 211 с.
3. Upton D. CodeIgniter for Rapid PHP Application Development [Текст] / D. Upton. – Packt Publishing, 2007. – 244 с.
4. Матейчик В.П. Формування структури інформаційно-аналітичної системи оцінювання забруднення довкілля транспортними потоками / В.П. Матейчик, Г.О. Малько, В.І. Зюзюн, Римарук К.В. // Вісник Національного транспортного університету. – Київ. – 2012. – Вип. 27. – С. 335–340.

ПРОБЛЕМИ КОНСТРУЮВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ЗАКІНЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ

Панасюк І.В.

Київський національний університет технологій та дизайну
(Україна)

Вступ. Сучасна концепція промислової екологічної безпеки – це концепція, в якій продукти, що досягли кінця свого корисного життя, знову поступають в промисловий потік і стають частиною нових продуктів. Ефективність циклізації (повторного залучення ресурсів до господарського обороту) сильно залежить від проекту продукту або процесів; тому розробка з урахуванням можливості вторинної переробки (проектування для переробки - ПДП) – це один з найбільш важливих аспектів промислової екології.

Актуальність досліджень. Наслідки того, що на ранніх стадіях промислового проектування ПДП не бралися до уваги, наочно ілюструє дослідницький проект Carnegie Mellon University по утилізації персональних комп'ютерів. Зараз щорічно підлягають похованню близько 55 млн. комп'ютерів, причому ні в одному з них не містяться матеріали що легко видаляються. Необхідний об'єм потужності полігонів щорічно складе майже 3 млн. кубометрів і потребує щорічних витрат близько 150 млн. дол. Тому конструювання з урахуванням можливості вторинної переробки може не лише бути рекомендовано, але і виявитися надзвичайно важливим для здатності суспільства продовжувати використовувати матеріали тими способами, до яких ми звикли.

Постановка задачі. Проектувальник повинен не просто забезпечити можливість вторинної переробки окремих матеріалів, але і постаратися втратити якомога менше цього матеріалу, таким чином, уникаючи «виснаження» матеріалізованої в ньому корисності. Поставивши таку мету, треба враховувати, що часто важко уникнути деякої втрати матеріалу, що повторно переробляється. Розглянемо основні проблеми і шляхи запровадження цих принципів.

Результати досліджень. У більшості випадків повторно використати матеріали, навіть з погіршенням якості, набагато краще, ніж викидати їх. Отже, повторно використати підноси з пінопластів в якості ізоляційних панелей або пластикові пляшки з-під газованої води як килимове волокно можна рекомендувати навіть тоді, коли дослідники намагаються розробити технології повторного використання, які зберігають більше матеріалізованої енергії первинного матеріалу. Альтернативні стратегії кінця життєвого циклу показує «кометоподібна діаграма» на рис. 1.

Користувачі знаходяться в точці перигелію орбітальної траєкторії продукту. При наближенні до перигелію (частини орбіти вверху діаграми) матеріали формуються, переробляються в деталі, потім в продукти і продаються. При віддаленні від перигелію продукти і їх компоненти або використовуються повторно, або викидаються.

Замикаюча петля, очевидно, переважна з екологічного погляду, і чим петля коротше, тим краще, оскільки короткі петлі зберігають матеріали і енергію, матеріалізовані в продуктах під час їх виробництва. Більшість петель вимагають переробки, що забезпечує різні послуги для переміщення ресурсів з сегменту орбіти, що виходить, до того, що входить.

Первинний проектувальник продукту визначає варіанти петель, доступних користувачеві і потенційному переробнику вторинної сировини. Підхід, якому вони надають перевагу, полягає в практиці превентивного і «терапевтичного» обслуговування упродовж як можна довшого часу, включаючи модернізацію для використання вигравів в ефективності і роботі, що виникають в результаті технологічної інновації. Раніше або пізніше, але, недоцільність подальшого обслуговування або просто вихід продукту з ладу викличе необхідність корінної реконструкції або його заміни. Ідеальна конструкція

дозволяє оновлювати і покращувати продукт, змінюючи мале число вузлів і переробляючи ті, які замінюються.

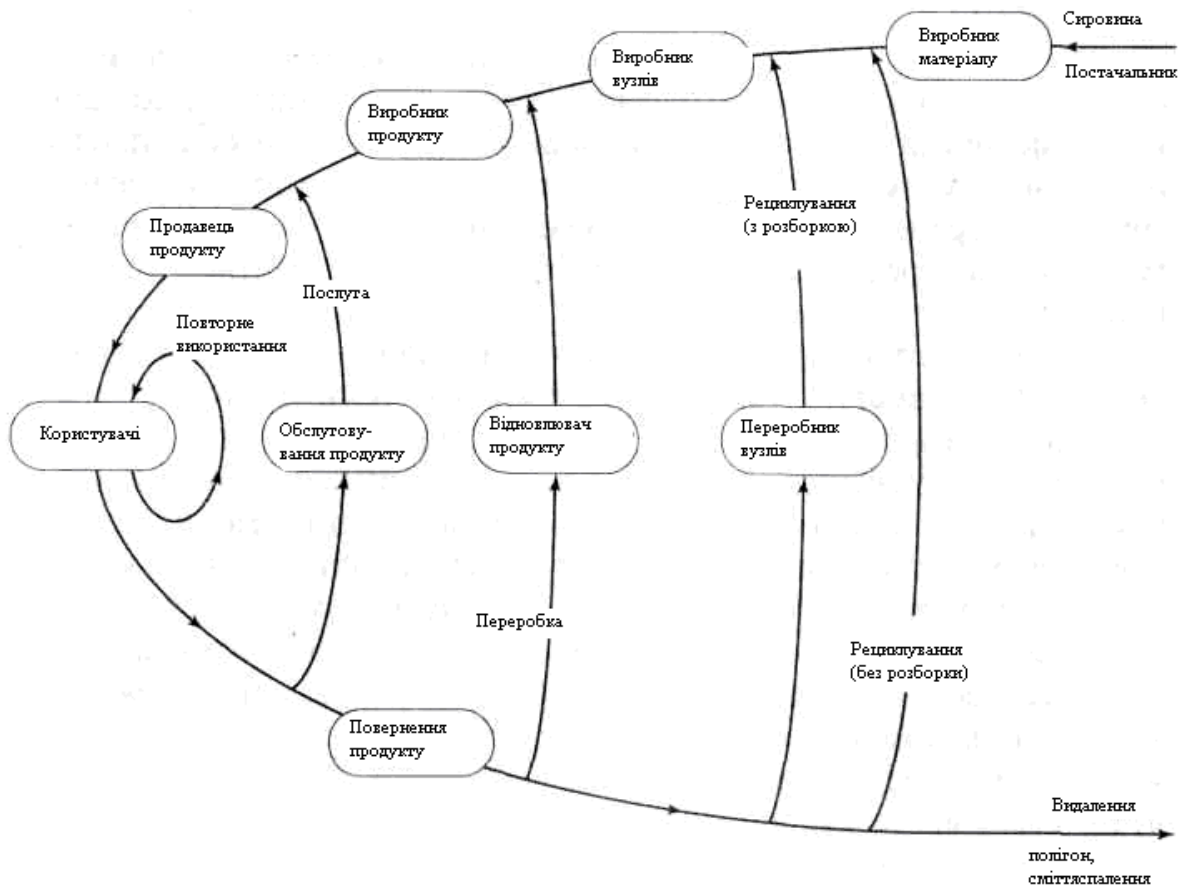


Рисунок 1 – Стратегії повторного використання, відновлення та повторної переробки на різних стадіях життєвого циклу продукту [2]

Наступна за якістю конструкція – та, яка вимагає заміни продукту, але дозволяє багато вузлів або більшість з них відновлювати і повторно переробляти в нові продукти. Якщо мало ймовірно, що вузли самі по собі будуть використані повторно, необхідно спробувати розробити деталі вузлів з урахуванням відновлення і використання в декількох продуктивних циклах. Зазвичай найменш бажане з усіх альтернатив повне розбирання, за яким йде відновлення окремих матеріалів в продукті (чи, можливо, деяка кількість матеріалізованої енергії, якщо продукт краще спалювати) і вступ матеріалів або енергії назад в промисловий потік. Викидання продукту без можливості якого-небудь з цих варіантів вторинної переробки зазвичай неприйнятно і не може вважатися необхідною альтернативою з точки зору промислової екології.

Безпосередня практична причина того, що в усіх галузях використовується проектування з урахуванням можливості вторинної переробки, полягає в тенденції уряду і інших споживачів вимагати або віддавати перевагу продуктам, що враховують філософію ПДП. Можливо, найбільш важливе питання в ПДП – це мінімізація кількості різних матеріалів і числа окремих деталей, використовуваних в конструкції. Ця стратегія проектування відома як стратегія простоти конструкції. Забезпечити ефективну переробку двох-трьох металів і двох-трьох видів пластмас, набагато простіше, ніж мати справу з п'ятьма металами, чотирма сплавами, дванадцятьма пластмасами і такими різними матеріалами, як скло і тканина. Функціональні і естетичні вимоги до проекту іноді занадто сильно утрудняють введення обмежень для різноманітності матеріалів або

складності, але мінімізація має бути основним центром уваги для кожного конструктора. Друга спільна мета – уникнути використання небезпечних матеріалів. Мета рівно важлива і з точки зору вторинної переробки продукту, де присутність таких матеріалів перешкоджає детальному демонтажу, повторному використанню або, якщо це необхідно, безпечному спалюванню і відновленню енергії. Там, де повинні використовуватися небезпечні матеріали, вони мають бути легко ідентифіковані, і компоненти, що утримують їх, – легко розділені. Інша основна рекомендація проєктувальникові - уникати об'єднання неоднорідних матеріалів такими способами, які ускладнюють сепарацію. Наприклад – металеві покриття пластикових плівок, пластик, наплавлений на метал або на інший пластик, або приладова панель автомобіля, яка є складною комбінацією металу, дерева і пластика. Кожного разу, коли конструктор використовує разом різні матеріали, він повинен уявити, чи можуть вони бути розділені, і якщо так, то як, що дуже важливо, оскільки трудові витрати зазвичай сильно перешкоджають вторинної переробки. При плануванні кінця життєвого циклу продукту слід розглядати два типи вторинної переробки: по «замкнутій петлі» і по «відкритій петлі». Вторинна переробка по замкнутій петлі включає повторне використання матеріалів для виготовлення такого ж продукту (іноді це називається горизонтальною вторинною переробкою), тоді як вторинна переробка по «відкритій петлі» повторно використовує матеріали для виробництва різних продуктів (іноді називається каскадним рециклінгом). Режим вторинної переробки залежатиме від використовуваних матеріалів і продуктів, але зазвичай слід використати схему замкнутої петлі.

У більшості продуктів, спроектованих для тривалого користування, не стає непридатним все відразу: може зламатися механічна частина, може витекти або забруднитися потрібна рідина або може зробитися непридатною важлива деталь. Як ми відмітили в рис. 1, вторинна переробка повинна відбуватися так високо в ресурсному ланцюзі, як це можливо.

Переробка включає повторне використання вже не працюючих продуктів шляхом збереження деталей, які ще можуть служити, лагодження деталей, які можна використати, і введенням замішуваних деталей (ідентичних або модифікованих). Такий процес часто економічно ефективний і майже завжди відповідальний екологічно. Він вимагає тісного зв'язку між покупцем і постачальником, часто на основі лізингового контракту; у будь-якому випадку ці зв'язки складають конкурентну перевагу. Переробка вимагає розумного проєктування, оскільки процес часто стає можливим або неможливим в тому ступені, в якому продукт може бути легко розібраний і швидко модифікований. Загальна концепція проєктування з урахуванням можливості вторинної переробки включає модульне проєктування. Якщо конструктор припускає, що певна частина проєкту, ймовірно, розвиватиметься або знадобиться лагодження або заміна ряду деталей, тоді як інші частини продукту, можливо, цього не зажадають, ту частину, яка, ймовірно, зміниться, можна сконструювати з модулів, так що вона може бути ефективно замінена і вторинно перероблена.

В якості завершального керівництва для проєктувальника наведемо альтернативи вторинної переробки (у пріоритетному порядку):

- скорочення змісту матеріалів;
- повторне використання деталей/ремонт агрегатів;
- переробка;
- вторинна переробка матеріалів;
- спалювання з отриманням енергії(якщо це безпечно).

Зазвичай найменш доцільне - викидання у відходи. Транспортні витрати, пов'язані з операціями вторинної переробки, можуть стати основною проблемою при прийнятті стратегії вторинної переробки. Навіть інакше, екологічно спрямовані види діяльності, такі, як системи повернення продуктів після споживання, можуть виявитися невдалими, якщо не розглядати екологічні витрати транспортування. Зазвичай потрібно робити аналіз

кожного конкретного випадку для визначення кращого рішення; у рамках цього аналізу повинен розглядатися повний спектр дій, цінність відновлюваних матеріалів і альтернативи вторинної переробки низького рівня або взагалі відсутності вторинної переробки. Тоді як рішення не переробляти вторинно певний матеріал або тип продукту інтуїтивно здається неправильним, ретельний аналіз, в якому беруться до уваги усі аспекти, іноді покаже, що це найкраще рішення з усіх точок зору.

Висновки. Таким чином, вторинна переробка продуктів - не завжди правильна політика і не слід автоматично приймати рішення переробляти вторинно якимось певним чином. Має сенс переробляти вторинно, тільки якщо енергетичні, екологічні і трудові витрати такі, що вторинна переробка прийнятніше невторинної переробки. Рішення щодо вторинної переробки повинні прийматися з позицій логіки, тому часто така позиція вимагає викинути у відходи старі, розроблені без урахування вимог довкілля предмети. Завжди є вибір, і для визначення найбільш розумного підходу до цієї проблеми потрібно провести детальний аналіз. І, що особливо важливо, вторинна переробка не повинна призводити до більшої дії на довкілля, ніж її відсутність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Craig, P.P. Energy limits on recycling: Ecological Economics - 36, 2001.- P. 373-384.
2. Rose C.M. Design for Environment: A Method for Formulating Product End-of-Life Strategies: Ph. D. dissertation, Stanford University, 2000. – 175 p.

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ТРАДИЦІЙНИХ СХЕМ ПИЛООЧИЩЕННЯ

Параняк Н.М.

Національний університет «Львівська політехніка»
(Україна)

Вступ. Протягом останніх років відбулися значні зміни в виробництві будівельних матеріалів. Збільшився випуск та обсяг нових будівельних матеріалів, відповідно зросли викиди в довкілля даною галуззю і сягають близько 2 млн. т/рік. Забруднюючи атмосферу, вони завдають величезних збитків не тільки природному середовищу, але і самій людині. Особливу небезпеку становить пил, який продукується при виробництві цементу, розмір частинок якого знаходиться в чималому діапазоні дисперсності (від $0,01 \cdot 10^{-6}$ м до $5 \cdot 10^{-4}$ м і більше). Крім того, пилові забруднення атмосфери тісно пов'язані з метеорологічними умовами, і є основними факторами у їх поширенні.

Згідно статистичних даних, отриманих на основі досліджень санітарно-епідеміологічними службами стану навколишнього середовища у районах розміщення цементних виробництв, показники щодо кількості загальних захворювань та захворювань органів дихання є значно вищі у порівнянні з суміжними районами. Таким чином, ще багато проблем в цій сфері залишаються не вирішеними. Це зумовлено цілою низкою причин: спільністю інтересів щодо розробки заходів і засобів, які спрямовані на зниження або повну ліквідацію викидів шкідливих домішок в атмосферу, важливістю співпраці й обміну інформацією про створення методів і засобів попередження шкідливих наслідків забруднення атмосфери і збитків, яких вони завдають, нарешті, тим, що шкідливі речовини розповсюджуються на величезні відстані, не рахуючись з державними кордонами.

Актуальність досліджень. Аналіз відомих методів пиловловлення довів, що незважаючи на ефективне уловлення грубодисперсних фракцій пилу, вони не можуть забезпечити очищення від фракцій пилу менших за $1 \cdot 10^{-5}$ м більше ніж на 85 %, а спроби підвищення ефективності їх роботи приводять до значного ускладнення схем пилоочищення.

Проблема, яку ми розглядаємо полягає в забезпеченні високоефективного уловлення полідисперсного пилу шляхом створення принципово нових конструкцій апаратів для очищення повітря від пилу а також доцільність впровадження та реорганізація традиційних систем пилоочищення є особливо актуальною при виконанні екологічних державних програм для народного господарства, захисту навколишнього середовища і збереження здоров'я людства.

Попри всі удосконалення процесу виготовлення цементу гостро стоїть питання зниження викидів шкідливих речовин у довкілля. Оскільки, для сучасного підприємства найбільш ефективним та розповсюдженим інженерним методом впливу на атмосферу є повітрообмін у приміщеннях, а також локалізація джерел викидів з наступним видаленням забрудненого повітря і його очищенням, а основним критерієм і показником чистоти довкілля вважають загальний стан захворюваності населення, нами проводився аналіз концентрації пилу на найбільш запылених ділянках виробництва цементу безпосередньо на цементних заводах. За даними досліджень запыленості повітря, які проводились санепідемстанцією на робочих місцях по всій довжині стрічкового конвеєра виготовлення цементу, а саме на ділянці транспортування клінкеру, доменного шлаку, золи винесення, гіпсу, встановлено, що в межах території заводу, запыленість становить $29,9 \text{ мг/м}^3$ при нормі 6 мг/м^3 . Також було встановлено, що загальна запыленість повітря залежить від швидкості вітру і змінюється в межах ($5\text{--}70 \text{ мг/м}^3$), та часто перевищує ГДК у 7–10 разів. Дослідження запыленості в бункерному ангарі показали, що при розвантаженні сипкої сировини автосамоскидами і конвеєрами концентрація пилу становить $31,7 \text{ мг/м}^3$.

У цеху дроблення сировини і на ділянці клінкеровипалюючих печей, які обертаються, де при різних несправностях електрофільтра на робочих місцях концентрація пилу заходиться в межах 18,6–47,1 мг/м³, що перевищує ГДК в 3,6–7,8 рази (такі події відбуваються зазвичай 2–3 рази на рік).

У цеху готової продукції дослідження запиленості повітря проводилися біля місць скидання паперових мішків з цементом з висоти роликів ліній, де запиленість перевищує ГДК у 7,6 рази і становить 45,6 мг/м³.

Підприємства, діяльність яких пов'язана з викидами забруднюючих речовин в атмосферу, зобов'язані та повинні здійснювати постійний контроль за кількістю та вмістом забруднюючих речовин, які викидаються у повітря.

Постановка задачі. Особливо важливим завданням в галузі екологічної безпеки є прогноз забруднення атмосфери шкідливими речовинами на діючих виробництвах. Вирішення такого завдання дає можливість розроблення заходів захисту. Особливу увагу слід зосередити на дрібнодисперсному пилу, який має більш негативний вплив на живі організми і довкілля в цілому, а також розповсюджується за межі СЗЗ підприємств.

Для нормалізації санітарно-гігієнічних умов праці за пиловим чинником і зменшення до вимог ГДВ викидів у навколишнє середовище необхідна розроблення та реорганізація традиційних технічних заходів знепилення з ефективністю пиловловлення дрібнодисперсних фракцій пилу на рівні 97–99 %.

Виклад основного матеріалу. Для пиловловлення на сьогодні використовують двоступеневу установку, в якій першим ступенем є циклон ЦН-11, а другим – електрофільтри або рукавні фільтри з рукавами з гідрофобізованої склотканини. У будь-якому варіанті задача полягає в збільшенні до максимуму ефективності роботи циклону першого ступеня очистки, щоб на другу ступінь надходила мінімально можлива кількість пилу. Суттєвим недоліком для ЦН-11 є наявність вторинного виносу, що веде до виносу вже виділеного і зібраного в його бункері пилу і змішуванні його з потоком чистого повітря. Саме такі апарати зараз знаходяться у більшості на цементних заводах.

Для вирішення поставленої задачі запропоновано конструкцію відцентрово-інерційного апарата, що для первинного ступеня очистки повітря основною відмінною рисою є наявність попереднього охолодження пилу у пиловій камері, який є невід'ємною частиною апарата, що дозволяє підтримувати оптимальну величину швидкості в апараті. У запропонованій конструкції пиловловлювача вторинного вихора немає через те, що вихід чистого повітря здійснюється через жалюзійний відокремлювач не знизу, а збоку по всій довжині (висоті) апарата.

Для економічного обґрунтування впровадження пиловловлювачів необхідно враховувати такі фактори: повний обсяг усіх соціально-економічних наслідків у різних сферах господарства, з прогнозуванням на перспективу; повний обсяг усіх витрат, що стосується впровадження апаратів; а також міжгалузевий підхід з урахуванням необхідних витрат на покращення стану довкілля і забезпечення більш ефективного використання природних ресурсів.

Економічним ефектом для впровадження нових пиловловлюючих конструкцій апаратів є наступні важливі фактори:

- за рахунок зниження забруднення навколишнього середовища знижуються економічні збитки від забруднення довкілля у матеріальному виробництві, невиробничій сфері та відповідні витрати населення;
- за рахунок впровадження нових технологій зростає приріст економії природних ресурсів;
- внаслідок більш повного використання сировинних, енергетичних та інших матеріальних ресурсів зростає приріст грошової оцінки від реалізованої продукції;
- за рахунок підвищення ефективності вловлювання пилу, який містить готовий продукт зростає приріст готової продукції.

Будь-яка промислова діяльність завжди завдає шкоду навколишньому природному середовищу та здоров'ю людини. Так, діяльність цементних заводів та приватних підприємств не є виключенням. Такі підприємства мають значний вплив на довкілля, а саме на: атмосферу, гідросферу, літосферу та здоров'я населення. Необхідно також вказати на поліпшення очисних споруд, тому що сучасний їх стан є досить незадовільний і це призводить до відповідного забруднення природного середовища, що в свою чергу є причиною погіршення стану здоров'я населення.

Запропонована пиловловлююча система, в якій для очистки повітря від пилу використана пилова камера з відцентрово-інерційним пиловловлювачем, замість установленого в існуючій установці діючого виробництва циклонів ЦН-11.

Висновки. З метою підвищення рівня екологічної безпеки підприємств цементної промисловості нами розроблені нові конструкції пиловловлювачів та проведено промислові випробування на ПАТ «Івано-Франківськцемент». Проведено експериментальні дослідження розроблених нових конструкцій пиловловлювачів: пиловловлювач із горизонтальним відокремлювачем, пиловловлювач із попередньою очисткою в камері, пиловловлювач із теплообмінником. Порівняльні дослідження довели переваги запропонованих пиловловлювачів перед циклоном ЦН-11.

З даних досліджень можемо спостерігати еколого-економічну доцільність реорганізації традиційних схем пилоочиснення (на прикладі ПАТ «Івано-Франківськцемент») із заміною існуючих циклонів ЦН-11 на розроблені пиловловлювачі нової конструкції. Економічна оцінка збитків, що спричиняють викиди цементного пилу в повітря робочої зони, показує, що використання розробленого пиловловлювача в установці для очистки повітря від пилу зменшує збитки у 9 разів. Перспектива впровадження таких пиловловлюючих конструкцій в аналогічні підприємства дасть змогу знизити викиди дрібнодисперсного пилу в довкілля, що призведе до покращення екологічної ситуації в районах розміщення даних виробництв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шмандий В.М. Научно-методические принципы исследования состояний техногенной безопасности в регионе / В.М. Шмандий // Вісник КДПУ. – 2002. – Вип. 5 (16). – С. 19–24.
2. Яцик А.В. Екологічна ситуація в Україні і шляхи її поліпшення / А.В. Яцик. – К. : Оріяни, 2003. – 84 с..
3. Газоочистные и пылеулавливающие установки. Каталог. – М. : ЦНИИ Электроника, 1990. – 48 с.
4. Екологія міста Івано-Франківська / [О.М. Адаменко, Є.І. Крижанівський, Є.М. Нейко, Г.Г. Русинов, О.М. Журавель та ін.]. – Івано-Франківськ, 2004. – 197с.
5. Пат. 50126 Україна. Пиловловлювач із попередньою очисткою / Батлук В.А., Параняк Н.М – заявка 2009 12660 В01 Д45/00 від 07.12.09; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10. –
6. Штокман Е.А. Очистка воздуха. Учебн. пособ. / Е.А. Штокман. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 312 с
7. Batluk V.A. Modeling dust collectors /V.A. Batluk, R. M. Vasilev //Ukrainian scientific journal «Industrial hydraulic and pneumatic» № 3 (21), Vinnitsa, 2008, p.-35-39.
8. Batluk V.A. Mathematical model of dust cleaning process in centrifugal-inertial dust collector/ V. Batluk, N. Paranyak V. Makarchuk // Econtechmod an international quarterly journal on economics of technology and modelling processes. – Lublin–Lviv–Cracow. – 2013. – Vol. 2. – № 2. – P. 9–16.
9. Міщенко Л.В. Природно - техногенна безпека території західного регіону України / Монографія. За ред. О.М. Адаменка. – Івано-Франківськ, 2014. – 451 с.

СИСТЕМА ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА В МОТЫЛЕВЫХ ПОДШИПНИКАХ

Разинкин Р.А.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Современный судовой дизель имеет высокую степень нагрузки, что приводит к быстрому износу деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма (КШМ). При технической эксплуатации судовых энергетических установок значительная часть расходов приходится на смазочные материалы.[1]

Как известно, коленчатый вал одна из самых сложных по изготовлению деталей судового двигателя. Как следствие повышенный износ коленчатого вала ведет к повышению вероятности остановки двигателя, а в ряде случаев к аварии, следовательно, необходимо уделить особое внимание состоянию коленчатого вала и деталям КШМ, которые сопрягаются с ним.

Повреждение подшипников, которые сопрягаются с коленчатым валом, часто имеет скрытый характер повреждения. Повреждение может быть вызвано различными причинами, и, как правило, ведет к повышению температуры. Мониторинг температуры представляет собой важный показатель, который позволяет предотвратить чрезвычайные ситуации, и своевременно заменить рабочий узел или произвести соответствующий ремонт.

Безотказная работа большинства судовых технических средств зависит от смазочных систем. Наиболее совершенными являются циркуляционные масляные системы судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВЗ), которые не имеют аналогов среди других транспортных средств. В таких системах одновременно находится несколько десятков тонн минеральных масел различных сортов [1].

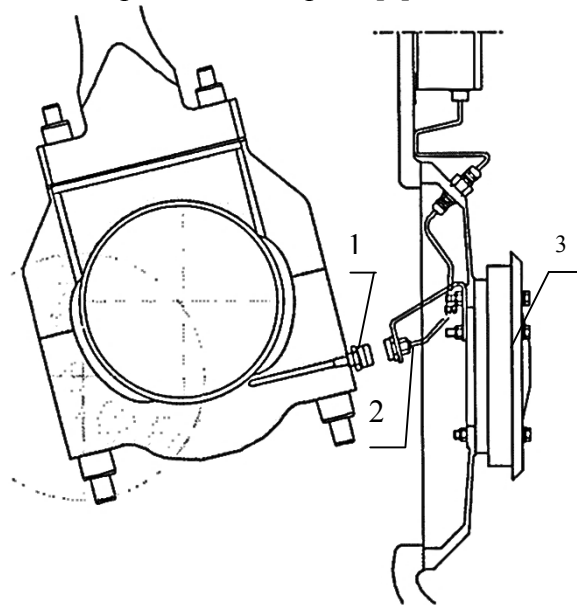


Рисунок 1 – Схема системы с онлайн мониторингом температуры масла в шатуне

Система онлайн мониторинга крайне проста и надежна в эксплуатации, из-за использования температуро- и виброустойчивых материалов, а также имеет малую массу и малые габариты, которые не повлекут за собой дополнительные динамические нагрузки. Система на рис. 1 работает следующим образом: температурный датчик (1) считывает мгновенную температуру масла в области шатуна и передает на воспринимающий (2) датчик сигнал, далее преобразователь (3) обрабатывает сигнал и передает его на пульт

управления в центральный пост управления или на любые другие панельные приборы, если в этом есть необходимость.

Передача сигнала происходит в том момент, когда датчики находятся в заданном расстоянии. Установка датчика в шатун. В зависимости от конструкции двигателя и предполагаемого расположения датчиков, рассчитывается угол поворота коленчатого вала, при котором датчик, находящийся в шатуне и воспринимающий датчик будут находиться в наиболее близком расстоянии друг от друга. Данные о температуре масла передаются при каждом обороте коленчатого вала, что является достаточным для контроля температуры.

Система мониторинга не требует особого программного обеспечения, что позволяет ее устанавливать как на двигатели нового поколения, так и на более устаревший модельный ряд, внедрение данной системы мониторинга будет иметь малую стоимость.

Ресурс подшипника скольжения ограничен и обычно составляет 10 000 – 15 000 часов, что обусловлено с одной стороны циклической прочностью металла, а с другой – величиной предельно допустимого износа.[2] Система онлайн мониторинга даст возможность оценивать состояния подшипников своевременно, особенно важно это когда срок их эксплуатации подходит к концу.

Вывод. Таким образом, мониторинг уровня температуры масла в подшипниках позволяет предотвратить аварийные ситуации и предпринять своевременные действия, чтобы защитить жизненно важные части двигателя от внезапного отказа, который может повлечь дорогостоящий ремонт. Кроме того, система мониторинга температуры масла шатунных подшипников в реальном времени не только может заменить традиционный метод измерения масляного тумана в сочетании с основными системами контроля температуры, но и быть использована как на новых, так и на старых моделях судовых двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голиков А.А., Холчев Е.С. Система обезвоживания смазочного масла шаг к снижению риска // Судостроение. – 2001 – № 8-9. – С. 60-61.
2. Ханмамедов С.А., Пизинцали Л.В., Могилянец Т.М. Повышение долговечности подшипников скольжения судовых двигателей внутреннего сгорания с тонкостенными вкладышами. – ОНМА, ОНМУ.

ОБРАННЯ МЕТОДУ ОПРІСНЕННЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЇ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Шевченко В.В., Філіпчук О.М., Фролов О.М.

Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова, Херсонська філія
(Україна)

Введення. Розробка й удосконалення електродіалізних установок (ЕДУ) універсального типу дозволяє розширити область їх застосування для знесолення й зм'якшення як природних водяних розчинів, так і морської води аж до океанічної з концентрацією розчинених солей до 35 г/л.

Актуальність досліджень. Для ряду посушливих районів зони південно-східної України, а також деяких типів морських суден проблема прісної води залишається актуальною як для рибпромислових баз (р/п) й траулерів, так і для транспортних морських суден. Пошуки більш економічних методів знесолення й зм'якшення води приводять до широкого впровадження мембранних технологій таких як електродіаліз і зворотний осмос, які відрізняються порівняно енерговитратами [1].

Постановка завдання досліджень. Аналіз і дослідження перспективних напрямків в області знесолення водяних розчинів аж до морської води показав, що найбільш оптимальна концепція мембранного опріснення – електродіаліз [2,3].

Результати досліджень. Вибір системи опріснення на користь електродіалізу в порівнянні з іншими методами мембранної технології проводився на підставі техніко-економічних показників, що відповідають Європейським нормам і стандартам на опріснену воду в тому числі й з позиції охорони навколишнього середовища [4, 5].

На підставі розрахункових і дослідних даних запропонована конструкція ЕДУ прямооточного типу, яка набирається з універсального модуля з одиничною продуктивністю. Відповідно поставленого завдання: якщо модулі з'єднати послідовно, то на виході ЕДУ одержимо опріснену воду із заданою концентрацією (C , г/л) і твердістю ($Ж$, мг·екв/л); при паралельному з'єднанні - розрахункову продуктивність (Q , т/доб).

Пропонована методика розрахунків є результатом теоретичних і експериментальних досліджень електродіалізного процесу опріснення й передбачає розрахунок модуля ЕДУ з переривчастими турбулізуючими прокладками (ТП) стосовно до заводських умов і на підставі технічного завдання:

- призначення, знесолення й зм'якшення води Нижнє-Дніпровського басейну для підживлення котлоагрегатів у процесі заводських випробувань або після капітального ремонту;
- продуктивність модуля, $Q = 2$ т/доб;
- вихідна концентрація води Нижнє-Дніпровського басейну в залежності від пори року $70 < C_{и} < 300$ мг/л;
- кінцева концентрація води в тракті знесолення (діалізат) $C_{д} \leq 5$ мг/л і твердість $Ж \leq 2$ мг·екв/л;
- споживання електроенергії на 1 т опрісненої води не повинне перевищувати $W \leq 200$ Вт/год;
- передбачити фільтр очистки вихідної води у системі водопідготовки ЕДУ;
- автономне тиристорне джерело живлення із плавним регулюванням вихідної напруги й перемикачем полярності напруги на електродах модулів ЕДУ.

При вихідній концентрації води ($C_{и} = 70$ мг/л і $C_{и} = 300$ мг/л) і до одержання діалізату із заданою концентрацією ($C_{д} = 5$ мг/л) потрібно глибока демінералізація із кратністю опріснення:

$$\gamma_1 = \frac{C_{и}}{C_{д}} = \frac{50}{5} = 14; \quad \gamma_2 = \frac{C_{и}}{C_{д}} = \frac{300}{5} = 60. \quad (1)$$

Враховуючи, що кратність опріснення висока й залежить від вихідної концентрації води Нижнє-Дніпровського басейну, то необхідна розробка універсального модуля за допомогою якого можна нарощувати продуктивність ЕДУ і здобувати необхідну кратність опріснення.

Тому що ваго-габаритні показники модуля ЕДУ не передбачені в технічному завданні, то габарити модуля вибираємо виходячи з розмірів іонообмінних мембран марки МА-40 і МК-40 з урахуванням конструкції корпусної рамки, тобто

$$l \times b \times h = (0,75 \times 0,35 \times 4 \cdot 10^{-3}) \text{ м},$$

де l – довжина, b – ширина і h – висота корпусних рамок, яка прийнята відповідно до товщини переривчастих ТП.

Активна площа іонообмінних мембран визначалася внутрішніми розмірами корпусної рамки ($l_a \times b_a$), тоді перетин робочих камер визначалася через добуток $S_k = b_a \times h$, а еквівалентний діаметр по формулі

$$d_e = 4 S_k / \Pi,$$

де Π – внутрішній активний периметр корпусної рамки.

Якщо продуктивність по діалізату Q_d відома згідно технічного завдання, то розрахункова швидкість протікання розчину в робочих каналах ЕДУ рівна

$$v_{cp} = \frac{Q_d \varepsilon}{S_k},$$

де $\varepsilon = 1,2$ - коефіцієнт стиснення, на який збільшується швидкість розчину в каналі при введенні переривчастих ТП.

На підставі розрахункових даних отримана формула для визначення розрахункової концентрації в електродіалізному осередку за однократний прохід розчину при наявності переривчастих ТП. При вихідній концентрації на вході камери, що знесолює, C_u , то розрахункова концентрація діалізату, при однократному проході через осередок визначається по формулі

$$C_\delta = C_u \rho_{\text{н}\delta}^{(\varepsilon)} = C_u \rho_{cp} (\rho_{cp} \cdot \omega)^{\varepsilon-1}, \quad (2)$$

де k і $k-1$, кількість ділянок і турбулізаторів в робочому каналі відповідно.

Знаючи кратність опріснення при однократному проході діалізату через камеру, що знесолює, а також геометричні параметри робочого каналу й середньо витратну швидкість можна визначити продуктивність електродіалізного осередку універсального модуля

$$Q_1 = \frac{b_a \cdot h \cdot \varepsilon \cdot v_{\text{н}\delta}}{m}. \quad (3)$$

Питомі витрати електроенергії на перенос 1 кг солі в процесі знесолення розчину складе

$$W = \frac{U \cdot I_{i\delta}}{Q \cdot (C_E - C_K)}, \text{ кВт/ч},$$

де U – напруга на електродах модуля ЕДУ; Q – об'ємна витрата водного розчину; $I_{\text{пр}}$ – граничний струм, визначався за методикою Кауна-Брауна [6] й коректувався по зміні реакції розчину рН і виходу за струмом η .

Аналіз дослідних даних показує, що питоме знімання солі в електродіалізному осередку опріснювача відповідає розрахунковим показникам і має оптимальне співвідношення для електродіалізу

Висновки

1. Електродіаліз – універсальний метод знесолення й зм'якшення солоної води аж до морської з вихідною концентрацією розчинених солей до 35 г/л і жорсткістю 120 мг·екв/л.
2. Даний метод опріснення можна використовувати як для підживлення промислових і суднових енергоустановок, так і в області регенерації стічних вод промислових підприємств.
3. З метою оптимізації процесу опріснення водних розчинів електродіаліз можна використовувати в комплексі зі зворотним осмосом, що підвищує ефективність процесу опріснення морської води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевченко В.В., Филиппук А.Н., Покорный В.В. Анализ и оценка целесообразности внедрения мембранной технологии в судовой энергетике. Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. Вып. 16. – Одесса: ОНМА, 2006. – с. 24 – 31.
2. Pilat B.V. Electrodialysis concept in Desalination and New Units // Membrane Technology for Wastewater Reclamation and Reuse. – Tel-Aviv, Israel, 9-13 September, 2002, p. 348-357.
3. Слесаренко В.Н. Опреснение морской воды. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 278 с.
4. Гимпель Р.М., Чхеидзе Н.В., Балавадзе Е.М., Цейтлин И.М. Совершенствование судовой системы автономного питьевого водоснабжения // Зб. наук. праць НУК, – Миколаїв: НУК, 2005. – № 4(403). – с.106-112.
5. Зубрилов С.П., Ищук Ю.Г., Косовский В.И. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов. – Л.: Судостроение, 1989. – 256 с.
6. Cowan D.A., Brown J.H. Effect of turbulence on limiting current in electrodialysis cells. – Ind. Eng. Chem, 1959, vol.51, №12, pp. 1445 – 1448.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

- Агазаманов Н., 90
Алексеев А.В., 240
Алексейчук Б.М., 93
Алексенко В.Л., 243
Амелин М.Ю., 245
Асланов А.М., 157
Астайкин Д.В., 93
- Баранова В.О., 136
Беленький П.Н., 12
Бень А.П., 139, 247
Бідюк П.І., 178
Бірюков Д.Ю., 65
Блах И.В., 33
Блінцов В.С., 6,
Блінцов О.В., 6, 9
Богатчук І.М., 336
Богатчук М.І., 336
Богдан Ю.А., 258
Богданов А.В., 248
Бондаренко А.В., 180
Борсук С.П., 68, 72
Браїло М.В., 243, 252
Букетов А.В., 243, 252
Букетова Н.М., 247
Булгаков А.Ю., 96
Бурмака И.А., 96
Буряк В.С., 221
- Ваганов А.И., 12
Вайганг Г.О., 359
Варбанец Р.А., 12, 15
Вассерман А.А., 340
Волков В.П., 16
Волков Ю.В., 16
Ворохобин И.И., 99
Врублевский Р.Е., 184
- Гавриленко В.О., 186
Гнатов А.В., 253
Годованюк С.П., 48
Голиков В.В., 152
Горбов В.М., 342
Горобец В.Г., 258
Грицук І.В., 16
Грицук Ю.В., 16
Груздев В.В., 262
Гусев В.Н., 102
- Данилян А.Г., 347
Деева О.В., 53
Денисов В.Г., 264
Деревянко Ю.Ю., 33, 162
Дорофеева З.Я., 190
Дулдієр О.П., 267
- Евдокимова В.А., 53
Егоров О.И., 20
- Житник Н.Е., 269
Журавлев Ю.И., 287
- Заблоцкий Ю.В., 272
Завальнюк О.П., 29
Землянский А.В., 141, 144
Зінченко Д.О., 252
- Ивановский В.Г., 15
Игнатенко А.А., 15
- Казак В.М., 22, 194
Казак Ю.В., 99
Калиниченко Е.В., 106
Калиниченко К.Е., 106
Калинчак В.В., 349
Калугин В.В., 349
Капский Д.В., 25
Караюз І.В., 178
Карпенко М.М., 301
Карпов М.А., 342
Кирийчук Д.Л., 355
Кирилович В.А., 40
Клементьєва О.Ю., 162
Кондратенко Г.В., 148
Кондратенко Ю.П., 148
Копанский С.В., 115
Коробко В.В., 275
Косолапов А.А., 198
Котыло О.В., 245
Кривошапов С.И., 278
Кривошеков В.Е., 320, 322,
332
Криштопа С.І., 282
Кротик И.А., 353
Кузнецов О.П., 202
Кырнац В.И., 15
- Лаврик С.Л., 304
Лещенко О.В., 247
Липский Ю.И., 269
Лысый А.А., 109
Ляшенко Е.Н., 355
- Малыгин Б.В., 245, 290
Мальцев А.С., 152
Мальцев С.Э., 152
Мальчевский В.П., 340
Матейчик В.П., 359
Медведенко О.М., 84
Мещеряков В.И., 287
Мирзоев Б.М., 72
Митенкова В.С., 342, 353
Михайленко В.С., 157
Міялковський Б.А., 57
Московко О.О., 275
Мухтаров П.Ш., 72
- Наглюк И.С., 293
Наговский Д.А., 297
Надточій В.А., 6
Найденов А.И., 347
Насіров Ш.Ш., 84
Настасенко В.О., 111,
206
Несин Д.Ю., 211
Нестеренко В.Б., 29
Нігалатій В.Д., 252
Новицкий А.В., 204
Новоселов Е.Ф., 57
- Паламарчук І.В., 161
Панасюк І.В., 363
Панов С.Ф., 57
Параняк Н.М., 367
Пелевін Л.С., 301, 304
Петров И.М., 61
Пивоваров Л.А., 33, 162
Плаксин С.В., 269
Погорлецкий Д.С., 290
Полевой О.Б., 217
Прунько І.Б., 336
Пятаков Э.Н., 115

- Разинкин Р.А., 370
Райко Г.А., 214
Рева О.М., 65, 68, 72, 76
Редчиц Д.А., 217
Римарук К.В., 359
Рожков С.О., 170, 186
Россохатий В.О., 290
Рябенський В.М., 221, 231, 309
- Сабокар О.С., 253
Савчук В.Д., 123
Сагин С.В., 225
Сагин С.С., 119
Сало Н.А., 141, 144
Сапронов О.О., 247
Сафарян М.Р., 141
Северин В.В., 99
Семенов А.В., 313
Сіденко Є.В., 148
Соколов А.Е., 228
Соколова Н.А., 235
Соколова О.В., 228
Соловей А.С., 165
Солодовников В.Г., 316
Сторожев В.П., 121
Стрелковская Л.А., 168
- Таран И.А., 204
Терлыч С.В., 211
Тиккоев А.И., 144
Тимошенко Д.О., 275
Тимошенко Н.А., 194
Тирон О.М., 123
Ткач В.А., 170
Товмасын Д.М., 320
Товстокорый О.Н., 36
Торопова О.А., 40
Троханяк В.И., 258
Трубицин М.Н., 204
Трутовский Г.Й., 81
Тымкив А.В., 264
- Устименко И.М., 76
Ушкаренко А.О., 231, 309
- Фалин А.Г., 322
Федоренко А.В., 349
Філіпщук О.М., 372
Фролов О.М., 372
- Хаєт Л.Г., 53
Халед Омар Ганнам, 231
Харченко В.С., 148
Ходаков В.Е., 235
Хомяков В.Ю., 127
Худяков И.В., 325
- Чаплигін Є.О., 253
Чапчакчи В.Н., 214
Чепалис І.В., 267
Чередниченко А.К., 329
Черненко А.С., 349
Чимшир В.И., 347
Чуб Н.А., 332
- Шварц С.С., 243
Шевченко В.В., 372
Шевчук Д.О., 22
Ширман О.И., 269
Шишкин А.В., 43, 172
Шишкин С.А., 172
Шульгін В.А., 84
- Язид Аль Шайх, 221
Язид Джамал Исмаил Альшайх, 309
Якушев А.О., 130
Яровенко В.А., 12

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА	3
<i>Секція: Контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами</i>	
АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ САМОХІДНОЮ ПРИВ'ЯЗНОЮ ПІДВОДНОЮ СИСТЕМОЮ У РЕЖИМІ КОМБІНОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ	6
<i>Блінцов В.С., Блінцов О.В., Надточій В.А.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна, м. Миколаїв)	
КОМПЕНСАЦІЯ НЕВИЗНАЧЕНИХ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МАРШОВИМ РУХОМ ПІДВОДНОГО АПАРАТА	9
<i>Блінцов О.В.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна, м. Миколаїв)	
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ ГЛАВНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТХ «GREIFSWALD»	12
<i>Варбанец Р.А.</i> Одесский национальный морской университет (Украина), <i>Беленький П.Н.</i> Судоходная компания «Укрферри» (Украина, г. Одесса), <i>Яровенко В.А.</i> Одесский национальный морской университет (Украина), <i>Ваганов А.И.</i> Одесская государственная академия технического регулирования и качества (Украина)	
МОНИТОРИНГ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ	15
<i>Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кырнац В.И.</i> Одесский национальный морской университет (Украина), <i>Игнатенко А.А.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНИТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ ITS	16
<i>Волков В.П., Грищук І.В., Волков Ю.В.</i> Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна), <i>Грищук Ю.В.</i> Донбаська національна академія будівництва і архітектури (Україна, м. Краматорськ)	

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АПРОБАЦИИ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ	20
<i>Егоров О.И.</i> Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (Украина)	
СИСТЕМНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РЕКОНФІГУРАЦІЇ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМИ КОРАБЛЯМИ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ОСОБЛИВИХ СИТУАЦІЙ У ПОЛЬОТІ	22
<i>Казак В.М., Шевчук Д.О.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОНФЛИКТНЫХ ЗОН ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ	25
<i>Капский Д.В.</i> Белорусский национальный технический университет (Республика Беларусь, г. Минск)	
ВЫБОР КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ СУДНА	29
<i>Нестеренко В.Б., Завальнюк О.П.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
НАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СУДОВ-СТРОИТЕЛЕЙ ПРИБРЕЖНЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	33
<i>Пивоваров Л.А., Деревянко Ю.Ю., Блах И.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЮСА ПОВОРОТА	36
<i>Товстокорый О.Н.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ РАЙЗЕРА ЗІ ЗМІННИМ ВНУТРІШНІМ ДІАМЕТРОМ	40
<i>Торопова О.А.</i> Саратовський державний технічний університет імені Гагаріна Ю.О. (Російська Федерація), <i>Кирилович В.А.</i> Житомирський державний технічний університет (Україна)	
ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПОЗНАВАНИЯ ПЕРЕДАЧ В МОРСКОЙ РАДИОСВЯЗИ	43
<i>Шишкин А.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	

Секція: Тренажерні системи та людський фактор на транспорті

- ТРУДОВЫЕ ДЕЙСТВИЯ ЭКИПАЖА ПРИ ДРЕЙФЕ СУДНА С ОСТАНОВЛЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И РАСЧЕТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СУДНА ВО ВРЕМЯ ВЕТРОВОГО ДРЕЙФА** 48
Годованюк С.П.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕНИНГ ЭКИПАЖА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОРАБЛЯ** 53
Евдокимова В.А.
Херсонская государственная морская академия (Украина),
Деева О.В.
Государственная служба статистики (Украина, г. Киев),
Хаев Л.Г.
Служба помощи (Германия, г. Берлин)
- SURVIVAL TECHNIQUES AS A PART OF SAFETY ON THE SEA** 57
Rapov S.F., Myalkovsky B.A., Novoselov E.F.
Kyiv State Maritime Academy named after Hetman Petro Konashevich-Sahaydachniy (Ukraine)
- МОРСКОЙ АГЕНТ КАК ОПЕРАТОР ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЭУ ПРИ СТОЯНКЕ СУДНА В ПОРТУ** 61
Петров И.М.
Одесская национальная морская академия (Украина)
- АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ТРЕНАЖЕРА СПІВРОБІТНИКА ARO AIS** 65
Рева О.М.
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),
Бірюков Д.Ю.
Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)
- КОМПЛЕКСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ДОМАГАНЬ СТУДЕНТІВ-ДИСПЕТЧЕРІВ НА КОНТИНУУМІ НОРМИ ЕШЕЛОНУВАННЯ 10 КІЛОМЕТРІВ** 68
Рева О.М., Борсук С.П.
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)
- РОЗРОБКА МЕТОДА АГРЕГОВАНОЇ ОЦІНКИ СТАВЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ ДО РИЗИКУ** 72
Рева О.М., Борсук С.П.
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),
Мухтаров П.Ш., Мирзоев Б.М.
Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка, м. Баку)

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ДИСПЕТЧЕРА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ 76

Рева А.Н.

Кировоградский национальный технический университет (Украина),

Устименко И.М.

ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» филиал «Аэронавигация Центральной Сибири» (Россия, г. Красноярск)

ОСОБЕННОСТИ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ РАБОТЫ В МОРЕ: БЕГ И ЕГО АСПЕКТЫ 81

Трутовский Г.И.

Киевская государственная академия водного транспорта

имени гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Украина)

ТЕОРЕТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НЕСПРИЯТЛИВИХ ЧИННИКІВ НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ 84

Шульгін В.А.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна),

Медведенко О.М.

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору Національної Академії Наук України (Україна, м. Київ)

Насіров Ш.Ш.

Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка, м. Баку)

Секція: Безпека судноплавства

МІЖНАРОДНО-ПРАВОВІ ПРОБЛЕМИ БОРОТЬБИ ІЗ МОРСЬКИМ ПІРАТСТВОМ 90

Агазаманов Н.

Киевская государственная академия водного транспорта

имени гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Украина)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КООРДИНАТ СУДНА С УЧЕТОМ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВЫБОРКИ 93

Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М.

Одесская национальная морская академия (Украина)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВЕКТОРА УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО РАСХОЖДЕНИЯ 96

Бурмака И.А., Булгаков А.Ю.

Одесская национальная морская академия (Украина)

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗАВАРИЙНОГО ПЛАВАНИЯ СУДНА В СТЕСНЕННЫХ РАЙОНАХ 99

Ворохобин И.И., Северин В.В., Казак Ю.В.

Одесская национальная морская академия (Украина)

ВИБРАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ СУДАХ	102
<i>Гусев В.Н.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ СУДНА С УЧЕТОМ ТЕЧЕНИЯ	106
<i>Калиниченко Е.В., Калиниченко К.Е.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОН ДВИЖЕНИЯ СУДНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ	109
<i>Лысый А.А.</i> Азовский морской институт Одесской национальной морской академии (Украина, г. Мариуполь)	
РЯТУВАЛЬНА ШЛЮПКА З ГІДРОХВИЛЬОВИМ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОМ І-ГО ПОКОЛІННЯ ТА ІІ НЕПРЯМЕ ЗАСТОСУВАННЯ	111
<i>Настасенко В.О.</i> Херсонська державна морська академія (Україна)	
ОЦЕНКА КООРДИНИРУЕМОСТИ МАНЕВРОВ СУДОВ	115
<i>Пятаков Э.Н.</i> Херсонский филиал Одесского морского тренажерного центра (Украина) <i>Копанский С.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА СУДАХ ТИПА RO-RO/LO-LO	119
<i>Сагин С.С.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ	121
<i>Сторожев В.П.</i> Одесский национальный морской институт (Украина)	
ІНШОМОВНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ МОРЯКА ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ МОРЕПЛАВСТВА. ПСИХОТЕХНІЧНИЙ ПРАКТИКУМ	123
<i>Тирон О.М.</i> Київська державна академія водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Україна)	
РАСЧЕТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ШТАБЕЛЕЙ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ В ТРЮМЕ «КОАСТЕРА»	127
<i>Хомяков В.Ю., Савчук В.Д.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ СУДОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ	130
<i>Якушев А.О.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
<i>Секція: Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у транспортній галузі</i>	
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ГОЛОВНИМ СВІТЛОМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛУ	136
<i>Баранова В.О.</i> Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)	
СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ – ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СУЧАСНОГО СУДНОПЛАВСТА	139
<i>Бень А.П.</i> Херсонська державна морська академія (Україна)	
МОДЕЛЬ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	141
<i>Землянский А.В., Сало Н.А., Сафарян М.Р.</i> Кировоградская лётная академия Национального авиационного университета (Украина)	
КОМПОНЕНТЫ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	144
<i>Землянский А.В., Сало Н.А., Тиккоев А.И.</i> Кировоградская лётная академия Национального авиационного университета (Украина)	
СППР НА НЕЧІТКІЙ ЛОГІЦІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІВПРАЦІ В РАМКАХ КОНСОРЦІУМІВ ТИПУ «УНІВЕРСИТЕТ – ІТ-КОМПАНІЯ»	148
<i>Кондратенко Ю.П., Кондратенко Г.В., Сіденко Є.В.</i> Чорноморський державний університет ім. П. Могили (Україна, м. Миколаїв) <i>Харченко В.С.</i> Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» (Україна, м. Харків)	
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ МАНЕВРИРОВАНИИ МОРСКИХ СУДОВ	152
<i>Мальцев А.С., Голиков В.В., Мальцев С.Э.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЭРАГТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	157
<i>Михайленко В.С., Асланов А.М.</i> Одесский национальный морской университет (Украина)	

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ ТОПЛИВА
ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ТРАНСОКЕАНСКИХ ПЕРЕХОДОВ МОРСКИХ
СУДОВ** 161

Паламарчук І.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

BALLAST WATER TREATMENT SYSTEMS 162

Pivovarov L.A., Derevianko Yu.Yu., Klementjeva O.Yu.

Kherson state maritime academy (Ukraine)

**ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ
С ТЯЖЕЛЫМИ НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ
НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДАХ** 165

Соловей А.С.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** 168

Стрелковская Л.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СОЗДАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ** 170

Ткач В.А.

Херсонский национальный технический университет (Украина),

Рожков С.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**ПРИМЕНЕНИЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РАСЧЕТА
МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ** 172

Шшикин А.В., Шшикин С.А.

Одесская национальная морская академия (Украина)

Секція: Системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів

COMBINING ESTIMATES OF SHORT-TERM FORECASTS 178

Vidyuk P.I., Karayuz I.V.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

Institute for Applied System Analysis

(Ukraine)

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СУДНА ТИПА «ВОДНОЕ ТАКСИ»** 180

Бондаренко А.В.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова

(Украина, г. Николаев)

**РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МИО НА БАЗЕ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32L-DISCOVERY** 184

Врублевский Р.Е.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

МОДЕЛЮВАННЯ ЗЕРНОВОГО НАСИПУ ЗА ВОЛОГОВМІСТНИМИ ПОКАЗНИКАМ	186
<i>Гавриленко В.О., Рожков С.О.</i> Херсонський національний технічний університет (Україна)	
ВЗАИМОВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛОГИСТИКИ В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ (В МАТЕМАТИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ)	190
<i>Дорофеева З.Я.</i> Киевская государственная академия водного транспорта имени гетьмана Петра Канашевича-Сагайдачного (Украина)	
СИНТЕЗ ПРЕЦИЗИЙНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТА НА РЕЖИМІ ВИСІННЯ НАД ТОЧКОВИМ ОБ'ЄКТОМ	194
<i>Казак В.М., Тимошенко Н.А.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ	198
<i>Косолапов А.А.</i> Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (Украина)	
ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ У МІСТАХ	202
<i>Кузнецов О.П.</i> Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (Україна, м. Дніпропетровськ)	
ЗАМЕНА ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ РЕШЕНИЕМ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ	204
<i>Новицкий А.В., Таран И.А., Трубицын М.Н.</i> Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (Украина, г. Днепропетровск)	
НОВАЯ МОДЕЛЬ РОЖДЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ – НАШ ОТВЕТ ХОКИНГУ	206
<i>Настасенко В.А.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРАНОВОГО СУДНА БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ С ПОЛНОПОВОРОТНЫМ ВЕРХНИМ СТРОЕНИЕМ	211
<i>Несин Д.Ю.</i> Центральное конструкторское бюро «Коралл» (Украина, г. Севастополь) <i>Терлыч С.В.</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Херсонский филиал (Украина)	
УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ РЕГИОНА	214
<i>Райко Г.А., Чапчакчи В.Н.</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКИ	217
<i>Редчиц Д.А., Полевой О.Б.</i> Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина, г. Днепропетровск)	
УПРОЩЁННАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЗЕЛЯ	221
<i>Рябенкий В.М., Буряк В.С., Язид Аль Шайх</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина, г. Николаев)	
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПАРАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	225
<i>Сагин С.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	228
<i>Соколов А.Е., Соколова О.В.</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	
SHIP ELECTRICAL POWER SYSTEMS' OPERATION MODE ANALYSIS WITH USE OF THE THEORY OF MARKOV CHAINS	231
<i>Ushkarenko A.O., Ryabenkiy V.M., Haled Omar Gannam</i> Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Ukraine, Mykolaiv)	
ОСНОВЫ ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С УЧЕТОМ ПРИРОДНО- КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	235
<i>Ходаков В.Е., Соколова Н.А.</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	
<i>Секція: Проблеми надійності та енергозбереження</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	240
<i>Алексеев А.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ	243
<i>Алексенко В.Л., Букетов А.В., Браило Н.В., Шварц С.С.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ПРОБЛЕМА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ФЛОТЕ	245
<i>Амелин М.Ю., Котыло О.В., Малыгин Б.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	

- ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ЕПОКСИДНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ ПІД ВПЛИВОМ ТЕМПЕРАТУРИ** 247
Бень А.П., Сапронов О.О., Букетова Н.М., Леценко О.В.
Херсонська державна морська академія (Україна)
- ВЛИЯНИЕ ДОМЕНОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ** 248
Богданов А.В.
Каспийский институт морского и речного транспорта – филиал Волжского государственного университета водного транспорта
(Российская Федерация, г. Астрахань)
- РОЗРОБКА ЕПОКСИДНИХ МАТРИЦЬ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ТРИБОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ** 252
Букетов А.В., Браїло М.В., Зінченко Д.О., Нігалатій В.Д.
Херсонська державна морська академія (Україна)
- ІНДУКЦІЙНИЙ НАГРІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ РЕМОНТУ. ПРИНЦИПОВІ ВІДМІННОСТІ ТА МОЖЛИВІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ** 253
Гнатюк А.В., Чаплигін Є.О., Сабокар О.С.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)
- МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОБТЕКАНИИ КОМПАКТНЫХ ПОПЕРЕЧНО ОБТЕКАЕМЫХ ГЛАДКОТРУБНЫХ ПУЧКОВ** 258
Горобец В.Г., Троханяк В.И.
Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины
(Украина, г. Киев)
Богдан Ю.А.
Киевская государственная академия водного транспорта имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Украина)
- К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** 262
Груздев В.В.
Одесский национальный морской университет (Украина)
- РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ЧАСТИЦ ИЗНОСА** 264
Денисов В.Г., Тымкив А.В.
Одесская национальная морская академия (Украина)
- ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНОВИХ ОПРІСНЮЮЧИХ УСТАНОВОК** 267
Дулдієр О.П., Чепаліс І.В.
Одеська національна морська академія (Україна)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА В СОСТАВЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	269
<i>Житник Н.Е., Липский Ю.И., Плаксин С.В., Ширман О.И.</i> Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина, г. Днепропетровск)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИСАДОК К ТОПЛИВУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ	272
<i>Заблоцкий Ю.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
МОДЕЛЮВАННЯ СУДНОВОЇ ТЕРМОАКУСТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГАЗИФІКАЦІЇ LNG ПАЛИВ	275
<i>Коробко В.В., Московко О.О., Тимошенко Д.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова (Україна, м. Миколаїв)	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ	278
<i>Кривошапов С.И.</i> Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЕЛЕКТРИЧНИХ ЯВИЩ В МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАРАХ ТЕРТЯ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	282
<i>Криштопа С.І.</i> Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ	287
<i>Мещеряков В.И., Журавлев Ю.И.</i> Одесский государственный экологический университет (Украина)	
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА	290
<i>Мальгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Россохатий В.О.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
СКОРОСТЬ ПОСТУПЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗНАШИВАНИЯ В МОТОРНОЕ МАСЛО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	293
<i>Наглюк И.С.</i> Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ	297
<i>Наговский Д.А.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	

ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ РОЗРОБКИ ГРУНТУ РОЗПУШНИКОМ	301
<i>Пелевін Л.Є., Карпенко М.М.</i> Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)	
НАВАНТАЖЕННЯ НА РОБОЧИЙ ОРГАН ВІДВАЛЬНОГО ТИПУ	304
<i>Пелевін Л.Є., Лаврик С.Л.</i> Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВСПЛЕСКОВ И ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	309
<i>Рябенський В.М., Ушкаренко А.О., Язид Джамал Исмаил Альшайх</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина, г. Николаев)	
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИЛИНДРОВЫХ МАСЕЛ В СОВРЕМЕННЫХ ДЛИННОХОДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ	313
<i>Семенов А.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	316
<i>Солодовников В.Г.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРУ ПОТОКА ОТКАЗОВ	320
<i>Товмасын Д.М.</i> Одесская национальная морская академия (Украина), <i>Кривошеков В.Е.</i> Одесский учебно-исследовательский центр (ОУИЦ) «Надежность в судоходстве» (Украина)	
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ СУДОВ И СУДОВОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ	322
<i>Фалин А.Г.</i> Одесская национальная морская академия (Украина), <i>Кривошеков В.Е.</i> Технический комитет Украины «Надежность техники» (Украина)	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНЫХ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ	325
<i>Худяков И.В.</i> Херсонское мореходное училище рыбной промышленности (Украина)	

- АНАЛИЗ СОСТАВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
ГАЗОВОЗОВ LNG** 329
Чередниченко А.К.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)
- ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ
РАБОТЫ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА** 332
Чуб Н.А.
Одесская национальная морская академия (Украина),
Кривошеков В.Е.
Одесский учебно-исследовательский центр «Надежность в судоходстве»
(Украина)
- Секція: Захист довкілля, екологічна безпека, ресурсозберігаючі технології*
- МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАСТАННЯ МОМЕНТУ НЕОБХІДНОСТІ
ОЧИЩЕННЯ НАКИПУ КОТЛА ПЕРЕСУВНИХ ПАРОГЕНЕРАТОРНИХ
УСТАНОВОК НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ** 336
Богатчук І.М., Прунько І.Б.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Богатчук М.І.
Центр нормативно-економічних досліджень ПАТ «Укрнафта» (Україна)
- СВОЙСТВА СМЕСИ ХЛАДАГЕНТОВ R32/R125 КАК РАБОЧЕГО
ВЕЩЕСТВА ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК** 340
Вассерман А.А., Мальчевский В.П.
Одесский национальный морской университет (Украина)
- ОЦЕНКА УТИЛИЗАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СУДОВЫХ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК** 342
Горбов В.М.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)
Карпов М.А.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова,
Херсонский филиал (Украина)
Митенкова В.С.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)
- ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕВОДА СУДОВ РЕЧНОГО ФЛОТА НА ВОДО-
ТОПЛИВНУЮ ЭМУЛЬСИЮ** 347
Данилян А.Г., Чимшир В.И., Найденов А.И.
Одесская национальная морская академия (Украина)
- ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ
ОКИСЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ ВОДОРОДА В ВОЗДУХЕ
НА ПЛАТИНОВОЙ ПРОВОЛОКЕ** 349
Калугин В.В., Калинин В.В., Черненко А.С., Федоренко А.В.
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (Украина)
-

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ В УКРАИНЕ	353
<i>Кротик И.А., Митенкова В.С.</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина, г. Николаев)	
КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ, ПРИВЛЕКАЕМЫМИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	355
<i>Ляшенко Е.Н., Кирийчук Д.Л.</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	
ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМИ «ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК – ДОРОГА – ПРИДОРОЖНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»	359
<i>Матейчик В.П., Вайганг Г.О., Римарук К.В.</i> Національний транспортний університет (Україна, м.Київ)	
ПРОБЛЕМИ КОНСТРУЮВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ЗАКІНЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ	363
<i>Панасюк І.В.</i> Київський національний університет технологій та дизайну (Україна)	
ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ТРАДИЦІЙНИХ СХЕМ ПИЛООЧИЩЕННЯ	367
<i>Параняк Н.М.</i> Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)	
СИСТЕМА ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА В МОТЫЛЕВЫХ ПОДШИПНИКАХ	370
<i>Разинкин Р.А.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ОБРАННЯ МЕТОДУ ОПРІСНЕННЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЇ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ	372
<i>Шевченко В.В., Філіпчук О.М., Фролов О.М.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірла С.О. Макарова, Херсонська філія (Україна)	
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	375

ДЛЯ НОТАТОК:

Збірка матеріалів
VII Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2015

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Клементьєва О. Ю.*
Друк, фальцювальню-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 19.05.2015. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 24,5. Тираж 140 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4319 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20